URUGUAY

ADMINISTRACION NACIONAL
DE
USINAS Y TRASMISIONES ELECTRICAS

RENOVACION DE LA PRESA Y
CENTRAL HIDROELECTRICA

Dr GABRIEL TERRA

Etapa 1
DIAGNOSTICO DE LAS INSTALACIONES

Tomo 4

EQUIPOS DE CONTROL Y COMANDO

ELECTRICITE DE FRANCE
EDF INTERNATIONAL
66, rue du Faubourg Saint-Honore
75008 PARIS
Tel 764.22.22
Télex EDF AE 660 434 F

Junio 1984

T O M O I V

EQUIPOS DE MANIOBRA Y DE CONTROL

AUXILIARES GENERALES

SUMARIO

1. DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DE LA USINA

2. OPERACION ACTUAL

3. REGULACION DE VELOCIDAD

4. EXCITACION Y REGULADOR DE TENSION

5. DESCRIPCION Y ESTADO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL-MANIOBRA

5.1 Servicios auxiliares de corriente alterna
5.2 Servicios auxiliares de corriente continua
5.3 Autómata de control de los grupos
5.4 Servicios auxiliares generales

6. CABLES DE TENSION MEDIA

7. COMUNICACIONES CON EL CENTRO DE DISTRIBUCION

8. JUSTIFICACION DE LA RENOVACION DE LOS EQUIPOS DE CONTROL-MANIOBRA

9. SOLUCIONES PROPUESTAS PARA LA NUEVA INSTALACION

9.1 Principios
9.2 Regulación de velocidad
9.3 Regulación de tensión-excitación
9.4 Servicios auxiliares de corriente alternada (SA)
9.5 Servicios auxiliares de corriente continua (SA=)
9.6 Autómata de puesta en funcionamiento y de parada
9.7 Autómata de protecciones
9.8 Tableros de control de los grupos
9.9 Autómata de información
9.10 Servicios auxiliares generales
9.11 Autómata de control
9.12 Control de la subestación
9.13 Comunicaciones con el despacho de cargas

1. DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DE LA USINA

Este aprovechamiento se encuentra ubicado cerca de la ciudad PASO DE LOS TOROS (15 km), a 250 km al norte de MONTEVIDEO y su campamento constituye el poblado de RINCON DEL BONETE.

- Año de puesta en servicio: 1945
- Productividad: 800 millones de kWh
- Turbinas: cuatro
  - . constructor: S. MORGAN SMITH
  - . tipo KAPLAN
  - . potencia nominal: 40 000 HP con 21,1 m de salto neto
  - . caudal nominal: 150 m^3/segundo
  - . velocidad: 125 r.p.m.
- Generadores: cuatro
  - . constructor: GENERAL ELECTRIC
  - . potencia nominal: 32 MVA U = 13,8 kV Cos = 0,95
  - . potencia máxima : 36,8 MVA
  - . frecuencia: 50 Hz
- Transformadores
  - . constructor: WESTINGHOUSE
  - . 3 elementos monofásicos por grupo
  - . potencia: 3 x 11 MVA
  - . tensión 13,8/5 tomas 173/169/165/161/157 kV ajustables
    fuera de tensión
    toma en servicio 165 kV
- Interruptores automáticos
  - . constructor: WESTINGHOUSE
  - . tipo: gran volumen de aceite: 3 x 4 380 litros

. potencia de corto circuito : 2 500 MVA
. control : tripolar mecánico
. bobina de disparo : 250 V = con emisión de tensión
. bobina de enganche : 250 V = con emisión de tensión

- Subestación eléctrica

. acoplada a la usina
. 2 lineas 150 kV hacia MONTEVIDEO
. 1 linea 150 kV YOUNG
. 1 linea 150 kV hacia TREINTA Y TRES
. 1 linea 150 kV hacia BAYGORRIA
. 1 linea 150 kV hacia TACUATEMBO
. 1 linea 30 kV hacia PASO DE LOS TOROS

La interfase entre el servicio de la producción hidráulica y el de las transmisiones se encuentra situada en la salida de la usina, en tensión media 13,8 kV. Los transformadores y los interruptores automáticos de los grupos no dependen de la usina en cuanto a su mantenimiento.

La potencia de corto circuito de la red "GABRIEL TERRA", con la construcción de la central teroelectrica de PUNTA PEDREGAL proyectada para 1987 ascenderá a 1 480 MVA

2. OPERACION ACTUAL

2.1 Organización general de la usina de GABRIEL TERRA

El número total de empleados de la usina asciende a 242 personas que se reparten de la forma siguiente:

- operación	39
- mantenimiento	72
- administración e intendencia	131

El personal de operación y ciertos responsables del mantenimiento se encuentran alojados en el campamento U.T.E. cerca de la central y los demás viven en PASO DE LOS TOROS una ciudad cercana de la usina.

La operación de esta usina con regulación anual se efectúa por parte de personal permanente, a razón de ocho personas por turno que se distribuyen de la forma siguiente:

- 1 jefe de turno
- 3 responsables de tableros de control en la sala de maniobra y control
- 4 maquinistas en la sala de máquinas

Las referencias e instrucciones de funcionamiento de la usina se elaboran por el despacho de cargas de MONTEVIDEO, el cual las transmite por teléfono a la usina.

La gestión del embalse y las maniobras de las compuertas del vertedero (aliviadero) determinan también en MONTEVIDEO y se transmiten por teléfono. En promedio, las compuertas del vertedero (aliviadero) se encuentran abiertas durante un mes por año.

2.2 Procedimientos de puesta en marcha y de parada de un grupo

A petición nuestra, se han llevado a cabo una parada y una puesta en marcha del grupo 3.

2.2.1 Parada del grupo

La disminución de carga activa se efectúa por el responsable del tablero de control de la sala de control, ajustando la excitación para conservar una potencia reactiva nula.

Una vez que la potencia activa es nula, se abre el interruptor automático del grupo y, acto seguido se disminuye la excitación al valor 0 y, finalmente, se abre el interruptor automático de excitación. El responsable del tablero de control previene entonces por teléfono al maquinista para que éste pueda detener la turbina.

El conjunto de estas operaciones se ha efectuado en 4 minutos.

Los mandos de la turbina se encuentran reunidos en el tablero del regulador situado cerca del grupo. Las operaciones de parada son las siguientes:

- cierre completo del distribuidor;

- apertura de las palas a 22º para mejorar la disminución de velocidad y preparar el arranque siguiente;

- posicionamiento del conmutador de carga-velocidad en la posición de 2, en previsión del arranque subsiguiente;

- activación del frenado automático, que se encuentra entonces bajo la dependencia del límite de velocidad a 50 r.p.m. y de la posición cerrada del distribuidor. En estas condiciones, se aplican los frenos de forma intermitente durante 4 minutos. Si el grupo no queda parado al cabo de este lapso de tiempo, será preciso, ya sea volver a aplicar de nuevo los frenos manualmente, o bien activar la secuencia automática;

- estando parado el grupo, las bombas de circulación de aceite del pivote y del soporte de la turbina se encuentran detenidas. La válvula de refrigeración se encuentra cerrada.

Esta última disposición es, según nuestra opinión, prematura, ya que la refrigeración de un grupo se interrumpe por lo general de 30 a 60 minutos después de su parada completa.

2.2.2 Puesta en marcha del grupo

La primera operación de una puesta en marcha consiste en levantar el rotor. Esta operación, prevista inicialmente, pero para una utilisación ocasional (a raíz de parada de larga duración, por exempic) se ha venido aplicando sistematicamente con motivo del problema de lubricación del cojinete de empuje. Para contrarrestar este defecto de diseño, los cilindros hidráulicos de frenado se han empleado para levantar el rotor, sustituyéndose el aire por aceite a presión (100 bares). La sucesión de las operaciones de levantamiento es :

- implantación de una bomba de aceite móvil;

- funcionamiento de la bomba hasta levantamiento del rotor (parada automática);

- vaciado de los circuitos y puesta en servicio del frenado;

- control visual de la bajada de los cilindros hidráulicos, por parte del maquinista.

El conjunto de estas operaciones de levantamiento requiere un lapso de tiempo de 4 minutos y a continuación se puede volver a emprender las disposiciones de arranque, a saber:

- las bombas de regulación han permanecido en servicio;

- puesta en servicio de las bombas de circulación de aceite del cojinete de empuje y del cojinete guía de la turbina

- apertura de la válvula de refrigeración;

- apertura del distribuidor del funcionamiento en vacío;

- recombinación de las palas cuando el grupo alcanza la velocidad y si la temperatura del metal del cojinete de empuje es superior a 50 ºC, ya que en caso contrario es preciso esperar que se alcance ese valor (tres minutos aproximadamente para un grupo frío);

- el maquinista deja en manos de la sala de control las órdenes una vez que el grupo se encuentra sincronizado.

En la sala de control:

- puesta en servicio de la excitación (cierre del interruptor automático);

- regulación de la tensión;

- puesta en servicio de la columna de sincronización;

- regulación de la velocidad por acción sobre la carga-velocidad;

- acoplamiento manual del grupo;

- control y regulación de la tensión.

Para llegar al acoplamiento, se han precisado 23 minutos. A este lapso de tiempo cabe añadir, naturalmente, aquél necesario para el control. Según los operadores, el lapso de arranque en tiempo normal, se eleva de 7 a 8 minutos.

2.2.3 Otras plantas operadas por la U.T.E.

La U.T.E. opera otras dos usinas hidroeléctricas en el RIO NEGRO:

- BAYGORRIA; aguas abajo de GABRIEL TERRA 3 x 36 MW de arranque manual y acoplamiento automático, que fue inaugurada hacia los años 1960.

- "9 DE FEBRERO" (PALMAR), aguas abajo de BAYGORRIA 3 x 115 MW con arranque y acoplamiento automático, que fue inaugurada en 1982. Esta usina se opera con un servicio de turno formado por cinco personas.

Por otro lado, la usina de SALTO GRANDE, común con Argentina, se opera por parte de una sociedad mixta con su propio centro de distribución.

En la época en que nos encontrábamos en URUGUAY, las usinas hidráulicas eran suficientes para alimentar al conjunto del país.

Las centrales térmicas de MONTEVIDEO se encontraban paradas y constan de:

- 1 grupo térmico 125 MW
- 2 grupos térmicos 2 x 50 MW
- 1 grupo térmico 80 MW
- 2 grupos térmicos 2 x 25 MW (1930)
- 1 turbina de gas 20 MW
- 1 turbina de gas 25 MW en PUNTA DEL ESTE

3. REGULACION DE VELOCIDAD

3.1 Descripción

Cada grupo está dotado de un regulador de velocidad WOODWARD de acción taquimétrica únicamente.

de distribución, uno que empuja y otro que ejerce tracción. En tales condiciones, el control del mecanismo de distribución, no tiene preponderancia.

Un cerrojo manual de rosca, de paso fino, queda maniobrado manualmente en el momento de cada parada, cuya duración prevista se juzga suficiente.

Un limitador de apertura, también de rosca pero motorizado, queda posicionado automáticamente en función del salto (limitación de los riesgos de embalamiento que el generador no podría soportar). Pero las mediciones eléctricas del nivel de aguas arriba y de aguas abajo se encuentran actualmente fuera de servicio, motivo por el cual únicamente se utiliza manualmente.

La central de presión de aceite esta formada por:

- un depósito en el cual van instaladas dos bombas de motor de corriente alternada de 75 HP (56 kW), 250 galones/minuto (945 l/minuto) con una presión de 21 bares que entran en servicio cada una por medio de un monostato graduable desde el exterior. De este modo existe la posibilidad, por modificación de las graduaciones, de cambiar el orden de prioridad entre las mismas. Dos conmutadores permiten controlar el funcionamiento de las bombas: parada, funcionamiento continuo, funcionamiento automático (posición normal de funcionamiento). También se encuentran instalados en este depósito tres monostatos cuyas regulaciones y funciones son las siguientes:

  . 255 psi (17,6 bares) alarma

  . 245 psi (16,9 bares) bloqueo de las palas en posición si las mismas se encuentran abiertas a más de 14º (para disminuir el consume de aceite)

  . 235 psi (16,2 bares parada total de la instalación).

- de un acumulador aire-aceite, dotado de una válvula mecánica de nivel inferior, pero sin válvula de aislación, esta se subsituye por 4 válvulas hidráulicas para la maniobra del mecanismo de distribución (2 para el funccionamiento automatico y 2 por el funccionamiento manual) asi como una electroválvula para las palas del rodete, dispuestas en el regulador propiamente dicho. El nivel de

aceite se localiza directamente por lectura en un tubo de vidrio. El complemento de aire se introduce manualmente por medio de una fuente de aire comprimido formada por dos compresores para las cuatro turbinas.

El armario que contiene el regulador va dotado de cierto número de controles y señalizaciones:

a) Controles

. válvulas de refrigeración

. bombas de circulación de aceite del cojinete de empuje y del cojinete guía de turbina

. preparación de la elevación

. pruebas de lámparas y parada de la bocina (klaxon)

. parada de emergencia

. regulación del estatismo

. regulación del limitador

. regulación de la carga-velocidad

. puesta en posición manual o automática del regulador y control de las compuertas que substituyen a la válvula de aislación

. pulsador de desbloqueo del regulador

b) Señalizaciones

. indicadores:

- potencia eléctrica
- temperatura de los dos cojinetes guía
- temperatura del aceite y del metal del cojinete de empuje
- velocidad del grupo
- presiones: aceite de regulación, aire de frenado, conducto forzado
- estatismo, apertura, limitador, carga-velocidad

- posición de las válvulas de aislación
- nivel de aceite del cojinete de empuje

. registrador de temperatura de los cojinetes guía

. paneles luminosos de defectos

. lámparas de señalización diversas (entre otras, de la válvula de toma).

3.2 Funcionamiento y estado actual

3.2.1 Regulador propiamente dicho

El regulador de acción taquimétrica únicamente es un aparato sencillo en cuanto a su principio y del cual no se puede pedir grandes posibilidades. Los de la usina GABRIEL TERRA responden perfectamente al servicio que actualmente se requiere, y fundamentalmente con una operación totalmente manual. Una lectura simultánea de los registros de potencia y de frecuencia permite demostrar que los grupos siguen correctamente las variaciones del sistema (el estatismo de 5% visualizado de forma permanente parece correctamente respetado). Además, el grupo es sumamente estable durante las operaciones de sincronización. La presencia de un pequeño motor hidráulico que transmite un movimiento perpetuo corto de ida y vuelta de la caja de distribución participa en la obtención de estas correctas cualidades, pero ello significa también que las articulaciones tienen poco juego.

Se trata de equipos sólidos que, habida cuenta de las potencias aplicadas, constan de piezas mecánicas cuya mayor parte son poco frágiles y relativamente fáciles de reproducir.

No es menos cierto que se pueden registrar cierto número de elementos que dificultan la tarea de los operadores, al no permitir una operación óptima (tanto desde el punto de vista energético como desde el punto de vista del comportamiento del sistema) o que, al cabo de algún tiempo, habrán de plantear problemas de repuestos casi insolubles.

a) Dificultades de la tarea de los operadores

Se trata aquí de todas las tareas relacionadas con el arranque y la parada de las máquinas (desconjugación-reconjugación palas/mecanismo de distribución, maniobra de las válvulas y del

cerrojo) así como el ajuste de las recopias de la posición de la distribución y de las palas, que se efectúa por medio de cables (estos últimos se llegan a aflojar).

b) Operación no óptima

El maquinista dispone de ábacos que indican la combinación palas-mecanismo de distribución según el salto. El maquinista procede a una reposición de la leva cuando el salto varía de 0,5 m aproximadamente. Pero, la maniobra consiste en una rotación de la leva, lo cual corresponde, de hecho, a una traslación de la curva, siendo única la forma de la misma, sea cual sea el valor del salto. Esto únicamente constituye una aproximación, que se puede juzgar satisfactoria, pero que es preciso conocer.

Por otro lado, ya es sabido que una regulación correcta no se puede limitar a la sencilla información de velocidad del grupo. Si se desea poder controlar correctamente un sistema eléctrico (y los enlaces con Argentina pueden llegar a presentar fallos que obliguen a U.T.E. a regular por si sola la frecuencia) será preciso, por lo menos, tener en cuenta la velocidad de variación de velocidad de los grupos (regulador acelerotacométrico).

c) Problemas futuros

Lo primero que se piensa corresponde al mantenimiento de la cabeza taquimétrica. La usina no dispone de repuestos. Este equipo es mucho más delicado que todo el resto del regulador y su fabricación artesanal, a pesar de ser siempre posible, presenta dificultades sin duda alguna. Si la empresa WOODWARD ha dejado de producir ese equipo, el problema llegará rápidamente a no tener una solución valedera.

Acto seguido, no hay que perder de vista que se producirán dificultades con el material eléctrico (relés, paneles luminosos de señalización, alambrado, etc.) que se encuentra ubicado en el gabinete del regulador y sometido a los vapores de aceite caliente. Este equipo es ya antiguo y sin duda alguna se ha dejado de fabricar. Su sustitución por un equipo moderno habrá de presentar ciertas dificultades.

3.2.2 Central de presión de aceite

Las centrales de presión de aceite existentes parecen encontrarse en buen estado. Los cálculos del anexo 8 así lo demuestran. Incluso, parece ser que se pueden ascender los límites de presión. De todos modos, sería preciso comprobar si, con la presión inferior de desenganche (actualmente 235 psi o sea, 16,2 bares), se ejecuta correctamente el cierre completo de la máquina (nivel y presión en el acumulador suficientes). Esta prueba se debe efectuar de forma real y ello supone tomar las precauciones necesarias en cuanto al sistema eléctrico. Este género de pruebas no se puede improvisar.

Los manostatos tienen ya cierta edad y no se tiene la seguridad de que continuen a ser fieles. Pero su cambio, incluso por otros aparatos de tipo distinto, no parece presentar dificultades importantes.

Los problemas planteados a U.T.E. son los siguientes:

- mantenimiento del volumen de aire en el acumulador: el "llenado de aire" se efectúa manualmente a partir de las estaciones de aire comprimido,

- regulación de las presiones de arranque de las bombas para compensación del tiempo de funcionamiento entre las dos bombas del mismo grupo,

- posibilidad de puesta en marcha simultánea y en carga de las dos bombas de cada uno de los grupos en el momento de la reinserción de los auxiliares (corriente absorbida sumamente importante).

4. EXCITACION Y REGULADOR DE TENSION

4.1 Descripción

El dispositivo de excitación del alternador consta de una excitatriz y una excitatriz piloto. Las características principales son las siguientes:

- Rotor del generador: 250 V - 630 A

- Excitatriz principal: 250 V - 720 A - 180 kW - excitación independiente

- Excitatriz piloto: 250 V - 40 A - 10 kW - excitación compound

La regulación de tensión se realiza por la excitación de la excitratriz principal por medio de un regulador General Electric, formado principalmente por:

- el regulador propiamente dicho, tipo GFA-4

- un reóstato de campo motorizado de contactos, tipo GTR-35

- un juego de tres reóstatos acoplados mniobrados manualmente en la sal de control, para situar la referencia de voltaje.

Este conjunto queda completado por:

- un contactor de excitación, con resistencia de descarga, ubicado en la excitación de la excitatriz principal (el enlace entre esta última y el rotor del generador es directo)

- un reóstato de campo manual para la excitatriz piloto

- un relé de limitación del voltaje de la excitatriz piloto en caso de embalamiento del grupo

- un equilibrador de potencia reactiva entre los grupos de la usina

- un compensador de impedancia de línea para el funcionamiento en sistema eléctrico separado.

Los aros del rotor y los colectores de las excitatrices van mecanizados ligeramente descentrados con objeto de obtener un movimiento perpetuo de ida y vuelta radial (vaivén) a las escobillas.

El contactor de excitación y la referencia de voltaje se controlan desde la sala del tablero.

4.2 Funcionamiento y estado actuales

El término de excitatriz piloto es impropio, ya que la misma no se encuentra regulada y transmite al regulador una tensión fijada de una vez para siempre, por medio de un reóstato manual situado en el gabinete de excitación al lado del generador.

El regulador GFA-4 consta de un brazo que forma parte integrante de un motor par. Este último queda alimentado, a través de los reóstatos de referencia, por dos transformadores conectados con las fases del generador. El regulador queda equilibrado por un resorte y va estabilizado por una placa magnética que circula entre los ramales de un imán permanente. Un pequeño motor, alimentado por los transformadores de grupo mantiene en movimiento dos levas: una lisa, y otra que presenta la forma de una estrella. Cuando el voltaje del grupo alcanza el valor de referencia, el brazo permanece estable y vertical. Si el voltaje toma un valor diferente o si se modifica la posición de los reóstatos de referencia, el conjunto motor-par-resorte antagonista queda desequilibrado. Si la diferencia es reducida, uno de los contactos (+ ó -) queda atacado por la leva lisa. Según el sentido de corrección necesario, inserta o cortocircuita una resistencia dispuesta en el circuito del reóstato de campo para obtener así una acción de mayor rapidez.

El conjunto así descrito de forma compendiada no dispone de grandes posibilidades. Incluso la acción denominada "rápida" es aún relativamente lenta ya que incluye la constante de tiempo de la excitatriz principal. Pero en cambio, se puede decir que es fiable.

El mantenimiento de este equipo es importante:

- limpieza de todos los contactos

- limpieza de los aros, colectores, portaescobillas e incluso los devanados (polvo graso de carbón).

Los distintos elementos parecen encontrarse en correcto estado. Los colectores y aros presentan un aspecto bastante correcto, presentando superficies correctamente patinadas y deformaciones reducidas por concepto de desgaste. En funcionamiento, las chispas se producen en muy contadas ocasiones. Posiblemente, únicamente las conecciones, que ya han sido objeto de reparaciones, parecen presentar algunos puntos débiles (conductores que parecen aislados con algodón).

En el estado actual de la operación, la excitación-regulación de voltaje da entera satisfacción a pesar de la importancia del mantenimiento. Pero, al cabo de algún tiempo, no dejará de plantear problemas de repuestos.

Efectivamente, si la usina dispone de una excitatriz principal y de una excitatriz piloto de repuesto y si la misma no tiene ninguna dificultad para el aprovisionamiento en cuanto a escobillas, no es menos cierto que no dispone de ninguna reserva de relés y contactos diversos. Estos equipos ya antiguos no se fabrican sin duda alguna en la actualidad y los componentes modernos de sustitución habrían de precisar adaptaciones que no siempre son fáciles de ejecutar.

Por otro lado, participa poco en el correcto comportamiento del sistema eléctrico debido a su lentitud y, además, permite aprovechar difícilmente el conjunto de posibilidades brindadas por los generadores debido a que el punto de referencia tiene que ser ajustado manualmente.

Finalmente, no se presta en modo alguno para una operación óptima del sistema eléctrico con el envío (por mensaje telefónico o por teletransmisión) por parte del despacho de cargas de una referencia global de voltaje o de potencia reactiva.

Cabe también tener en cuenta que la apertura de emisión del contactor de excitación no presenta las debidas seguridades y que los esquemas son tupidos y no facilitan la reparación.

5. DESCRIPCION Y ESTADO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL-MANIOBRA

Habida cuenta de la edad de estos equipos: 40 años, cabe indicar que su estado general sigue siendo aún satisfactorio y constituye el testimonio de un mantenimiento seguido y de suma importancia, ya que ciertos elementos averiados se han sustituido por equipos fabricados in situ. Se ha comprobado, no obstante diversas insuficiencias inquietantes.

En tales condiciones, estos equipos se pueden operar sin grandes problemas durante varios años aún (cinco años como máximo) pero no existe la posibilidad de continuar funcionando con los mismos durante 20 años sin modificaciones importantes.

5.1 Servicios auxiliares de corriente laterna

Los auxiliares de corriente alterna de la usina quedan alimentados por extracción, mediante los grupos según el esquema de principio de la figura 1.

Para la planta, cada semijuego de barras dispone de un conjunto de tres transformadores monofásicos de 13,8 kV/380 V, y la distribución en 380 V se realiza con el neutro de los transformadores conectado a tierra.

El estado general de los cables sigue siendo satisfactorio aún y los interruptores automáticos instalados en gabinete, no acusan defecto alguno según lo indicado por los operadores (imposibilidad de apertura o imposiblidad de cierre).

No obstante, se han registrado cierto número de puntos débiles:

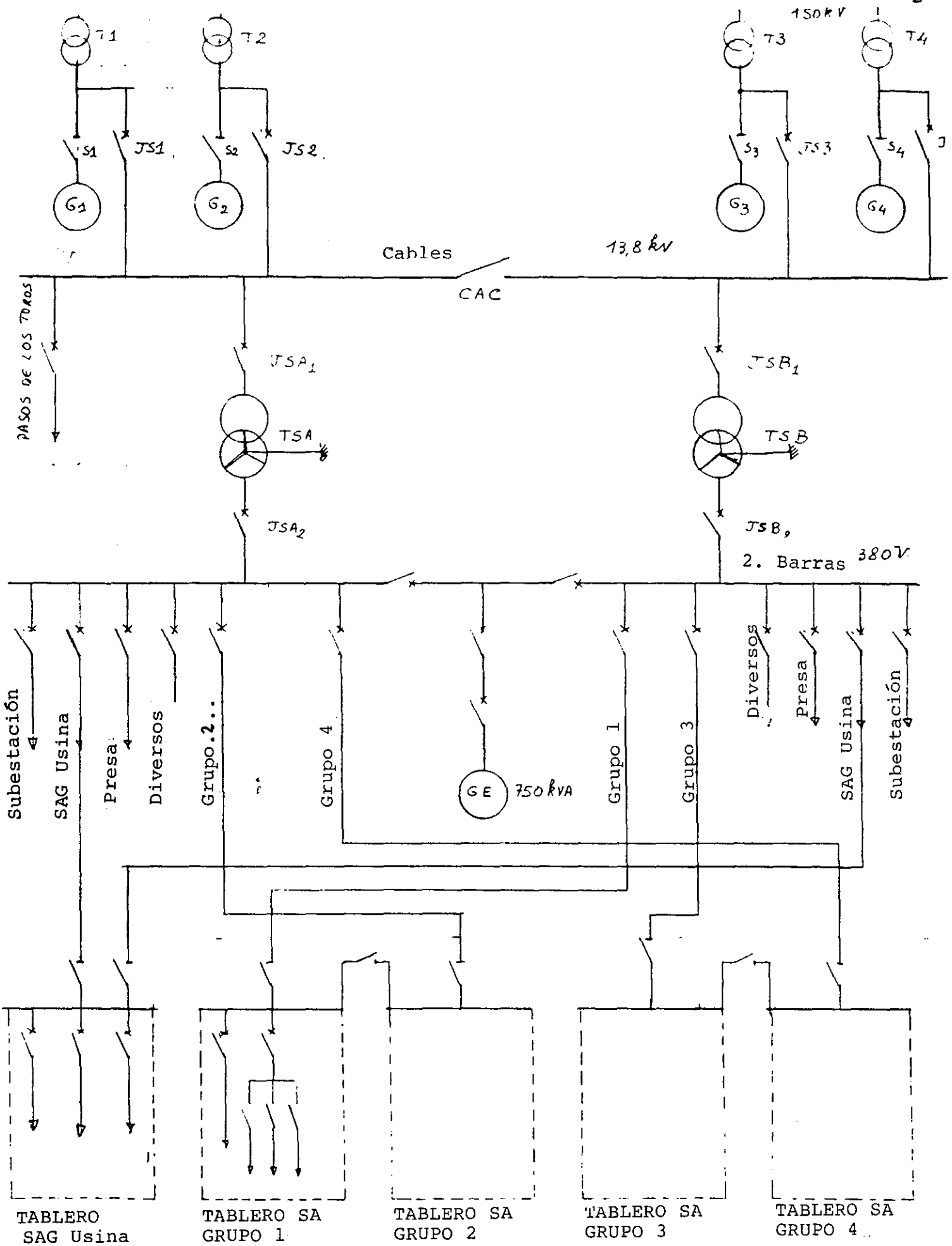
Los 4 interruptores automáticos de extracción no se encuentran calculados en cuanto a sus dimensiones, de forma suficiente para el servicio requerido. Efectivamente, su comportamiento dieléctrico, 15 kV máximo, es insuficiente, ya que estos interruptores automáticos tienen que soportar dos veces la tensión simple, o sea $\frac{2 \times 13,8}{\sqrt{3}} = 16$ kV

Se ha producido ya un incidente en el interruptor automático del grupo 1 y la explicación del defecto podría tener como origen un comportamiento dieléctrico insuficiente.

Por otro lado, el poder de corte de estos interruptores automáticos se debe verificar teniendo debidamente en cuenta las características exactas de los grupos y de los transformadores, que no ha sido posible encontrar. Utilizando los valores con que se tropieza corrientemente, la potencia de cortocircuito antes del transformador de extracción se puede determinar de la forma siguiente:

- corriente aportada por el grupo (G) Sn = 36 MVA

  reactancia subtransitoria estimada X"d = 30 ± 5)%



PRINCIPIO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS AUXILIARES DE LA USINA DE GABRIEL TERRA

FIGURA 1

potencia de cortocircuito máxima

$$Scc_{(G)} = \frac{Sn}{X"d} = \frac{36}{0,25} = 144 \text{ MVA}$$

corriente de corto circuito

$$Icc_{(G)} = \frac{Scc}{U\sqrt{3}} = \frac{144}{13,8\sqrt{3}} = 6 \text{ kA}$$

- corriente aportada por la red (G) que se supone sea de potencia infinita.

reactancia del transformador 3 x 11 MVA $X^{\%} = 13 + 2\%$

$$Scc_{(R)} = \frac{3 \times 11}{0,11} = 300 \text{ MVA}$$

$$Icc_{(R)} = \frac{300}{13,8\sqrt{3}} = 12,6 \text{ kA}$$

El cortocircuito anteriormente al transformador de extensión:

Scc = 144 + 300 = 44 MVA

Icc = 6 + 12,6 = 18,6 kA bajo Un = 13,8 kV

valores que son compatibles con aquéllos del interruptor automático

Sdcc = 500 MVA Iccd = 20 kA

El grupo diesel de emergencia es nuevo y su potencia representa 750 kVA, por lo cual no permite alimentar y, sobre todo soportar el arranque de las ocho bombas de regulación de 75 HP cada una. Por consiguiente, sería preciso demorar el arranque de la segunda bomba de regulación cuando el diesel se encuentra en servicio. A cambio de esta precaución, la potencial del diesel debería ser suficiente para el conjunto de los auxiliares. No obstante es preciso tomar las precauciones que se imponen en caso de arranque o de nuevo arranque de las bombas de vaciado (P = 125 kVA). Si un grupo se encuentra en mantenimiento, sería preciso sin duda alguna escalonar el arranque de las tres bombas de vaciado.

Si el equipo de potencia se encuentra aún en buen estado y únicamente plantea un pequeño problema de piezas de respuesto, no ocurre lo mismo con el equipo del tablero situado en la sala de control: conmutadores y cableado.

Las permutaciones de auxiliares quedan controladas manualmente desde la sala de control y únicamente el arranque del diesel es automático al producirse cada defecto, sean cuales sean las posibilidades de control por el otro semijuego de barras o el otro grupo.

Algunas cajas de distribución se deben rehabilitar como por ejemplo el de las compuertas de toma.

En caso de parada de todos los grupos, la alimentación alternada de la usina se obtiene por medio del sistema de 150 kV, en cuyo caso es preciso poner en servicio manualmente la protección contra los defectos de masa en las barras 13,8 kV. Como se trata de una protección, su puesta en funcionamiento debería ser automática.

5.2 Servicios auxiliares de corriente continua

Los auxiliares de corriente continua quedan alimentados por una batería cuyas características son las siguientes:

- constructor: SONNEBSCHEIN
- año de puesta en funcionamiento: 1969
- voltaje 250 V - 120 elementos - capacidad C10 = 288 Ah
- tipo: plomo de recipientes abiertos

Esta batería queda alimentada en floating por medio de un cargador de fabricación local de calibre 11 A para el funcionamiento normal y la recarga de la batería se obtiene periódicamente por medio de dos grupos giratorios.

La distribución se efectúa en el gabinete con interruptores automáticos de tipo compacto controlados por el frente delantero.

En caso de interrupción de la fuente de corriente alternada, la batería debe permitir la alimentación de una parte de las bombas de emergencia de corriente continua: tres por grupo:

- circulación de aceite del cojinete de empuje

- circulación de aceite del cojinete guí de turbina

- ascenso de las fugas del sumidero de turbina

y, por otro lado, del alumbrado de seguridad de la usina. En tales condiciones, la corriente producida por la batería es equivalente a

Exteriormente, la batería se encuentra en correcto estado pero, sin embargo, el examen de las pruebas de descargue efectuadas anualmente, muestra que desde 1982, la autonomía de esta batería se encuentra en fase descendente (resultados en anexo).

Una prueba de confirmación se ha efectuado para 1984, al día siguiente de una recarga por parte del grupo giratorio. Con una corriente producida I = 70 A y tomando come voltaje de parada 1,70 V por elemento, la autonomía debería ser superior a tres horas aproximadamente, y para I = 260 A esta autonomía únicamente es de 10 minutos. Estos valores son ampliamente suficientes ya que el tiempo máximo sin corriente alternada se fija arbitrariamente en 7 minutos (una vez rebajado este lapso de tiempo se procede a la parada de los grupos si la tension alternada no se llega a restablecer).

El cargador actualmente instalado no permite el funcionamiento en floating en condiciones correctas ya que, de hecho, únicamente produce la corriente procedente de los auxiliares de corriente alternada sin obtener la recarga de la batería. Efectivamente, el calibre del cargador para conseguir el funcionamiento en floating de una batería es de:

$Ir = Iu + Ich$ -Iu = corriente de utilización (Iu = 11A)

- Ich corriente de recarga de la batería

$$Ich = \frac{C10}{10} = \frac{288}{10}$$

Ir = calibre del rectificador

Para la batería actual, el calibre del rectificador debería ser de:

$$Ir = 11 + 28,8 = 40 \text{ A}$$

El cargador actual no dispone de ningún dispositivo de carga de equilibrado automático, lo cual provoca en caso de corte de la corriente alterna la recarga de la batería a razón de 2,25 V por elemento.

Las observaciones ya presentadas por lo que respecta al tablero de los servicios auxiliares de corriente alterna en la sala de control, son también valederos para los auxiliares de corriente continua, aún cuando el cableado y los aparatos de control deben ser rehabilitados.

El examen del libro diario permite apreciar la frecuencia de los defectos de aislación derivados del envejecimiento de los cables.

5.3 Automatismo de control de los grupos

El automatismo de control de un grupo está formado por :

- el automatismo de puesta en funcionamiento y de parada
- el automatismo de procesamiento de las protecciones

5.3.1 Automatismo de puesta en funcionamiento y parada

Las operaciones de puesta en funcionamiento y de parada se efectúan ambas manualmente. Esta parte de la instalación consta de pocos relés y está formada por los equipos siguientes:

- contactores
- conmutadores de control
- captadores: fines de carrera, manostatos, termostatos, controladores de nivel y de caudal
- registradores de temperatura
- indicadores de tablero y lámparas de señalización

Estos equipos se encuentran distribuidos entre la sala de máquinas, en la cual los controles de la turbina se encuentran reunidos en el gabinete del regulador de velocidad y la sala de control para la parte relacionada con el generador y con el control del grupo. Todos los controles son del tipo de emisión de tensión.

No se podrá seguir conservando durante varios años la totalidad del equipo mencionado, ya que se están planteando problemas de piezas de repuesto para los registradores, por ejemplo, siendo preciso fabricar in situ algunos elementos mecánicos. No hemos podido examinar todos los captadores, algunos de los cuales se encuentran en mal estado (controladores de nivel de agua para la subida de las fugas de la turbina), o bien, fuera de servico (controladores de caudal) mientras que otros, por su parte provocan defectos (repetidores de posición de seccionador o de interruptor automática).

Los controles de nivel (acumuladores de regulación, cuba del cojinete de empuje, etc.) se pueden visualizar por medio de paneles luminosos indicadores, y para el control del nivel en la cuba del cojinete de empuje, el maquinista queda obligado a pasar bajo el generador del grupo estando éste en funcionamiento, con lo cual no se encuentran reunidas todas las condiciones de seguridad necesarias para efectuar este control horario.

El equipo instalado en el gabinete del regulador de velocidad queda sometido a la acción de los vapores de aceite y es objeto, con frecuencia, de defectos de contacto. Los controles de las compuertas de toma de agua desde la sala de máquinas se encuentran fuera de servicio y únicamente subsisten las señalizaciones de posición. El registro de las señalizaciones de defecto se efectúa manualmente en un impreso especial por parte del personal de turno; en caso de defectos repetidos y sucesivos, no se puede precisar la cronología de los defectos.

La distribución de la tensión 250 V = de control-maniobra no respeta la noción de unidad (una sola salida contínua para el conjunto del grupo) y no posee un interruptor de unidad capaz de cortar la totalidad del voltaje en el conjunto de los circuitos, como así ocurre para E.D.F. Las operaciones de consignación de un grupo son, por consiguiente, más complicadas y las intervenciones del personal no se llevan a cabo en correctas condiciones de seguridad (riesgos eléctricos). Por lo menos, sería preciso establecer fichas de maniobras para la consignación de un grupo.

Los esquemas no siempre se encuentran debidamente actualizados y el tendido de cables no dispone de las referencias de localización necesarias. El equipo de control-maniobra de las compuertas de toma tiene necesidad de una rehabilitación y, por otro lado se deberá verificar el estado de los fines de carrera de posición de las compuertas.

5.3.2 Protección de los grupos

5.3.2.1 Lista de las protecciones instaladas

a) Eléctricas

- Masa del estator: de tiempo inverso, combinado con una temporización de 0,2 s, la corriente de defecto queda limitada a 7 A por una puesta a tierra del neutro del generador a través de un transformador cuyo secundario va cerrado sobre una resistencia de 1,52.

  Las características del relé de tiempo inverso son las siguientes

Tensión de defecto (V)	22	24	25	30	33
Corriente de defecto (A)	0,52	0,57	0,60	0,71	0,78
Tiempo (segundos)	11	7	5	3	2

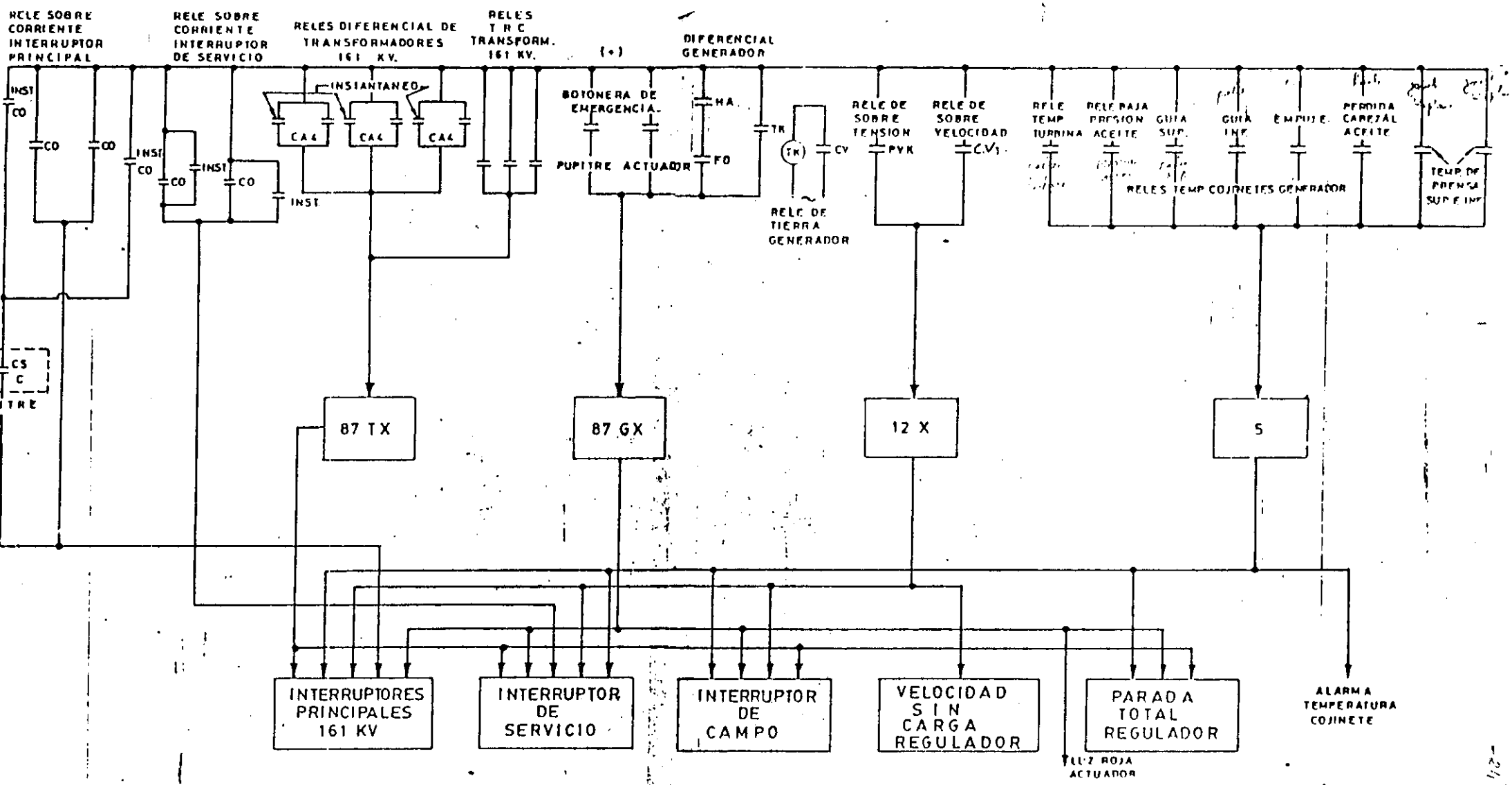
- Diferencial generador longitudinal ajustada a razón de 5% acción instantánea.

- Sobretensión ajustada a 128% Un temporizada a un seg.

- Sobreintensidad relé de tiempos dependiente cuyas características son:

Corriente de defecto	4,9	5	5,5	6
Porcentaje de In %	146	149	164	179
Tiempos (1)	28	23	11	7

OF. J.T.1



SUSTITUYE AL E.1169

U.T.E. CENTRAL HIDROELECTRICA DR. GABRIEL TERRA

APERTURAS POR DEFECTOS UNIDAD

OF. TECNICA DR. G. TERRA

ESCALA: Esquema

Diferencial (grupo bloque) entre la corriente I1 producida por el grupo lado neutro y las corrientes medidas en el secundario del transformador principal I4 y en las salidas de los auxiliares I3. Este relé se ajusta a un 5% con disparo selectivo por temporización (1 seg para el interruptor automático de los auxiliares y 3 seg. para el del grupo).

El conjunto de estos relés queda alimentado en 250 V =, y son de tecnología electromecánica y de fabricación WESTINGHOUSE.

El procesamiento del defecto a la masa del estator del generador es inhabitual, tratándose de una protección fundamental, que se procesa con un sólo límite sin ninguna temporización. Según nuestra opinión, el procesamiento actual es peligroso para el generador y tampoco existen controles eléctricos para el rotor (masa, corriente mínima de excitación).

El generador y los transformadores principales están dotados también de protecciones de temperatura, que son las siguientes:

- calentamiento del estator alarma 85 ºC, disparo a 95 ºC,
- calentamiento del rotor (alarma) 95ºC
- calentamiento del transformador, alarma 85 ºC, disparo 95 ºC.

Los transformadores están dotados también de las siguientes protecciones:

- defecto de circulación de aceite
- sobrepresión de aceite
- nivel inferior del aceite

También existe una protección de sobreintensidad en la salida, en la extracción de los auxiliares.

b) Mecánicas

Embalamiento

Calentamientos	Metal		Aceite
	Alarma	Disparo	Alarma
Cojinete de empuje	90 ºC	105 ºC	60 ºC
Cojinete de empuje de turbina	90 ºC	105 ºC	60 ºC
Cojinete de empuje intermedio	90 ºC	105 ºC	60 ºC
Cojinete de empuje generador	90 ºC	105 ºC	60 ºC
tubo Kaplan superior	90 ºC	105 ºC	

Niveles

aceite cuba del cojinete de empuje

aceite cojinete de empuje de turbina

aceite cojinete de empuje del generador

agua recinto de turbina (en mal estado)

Presión

aceite de regulación

alarma 18 bares

bloqueo de las palas 17,2 bares para limitar el consumo de aceite

parada de la turbina 16,5 bares

Circulación

agua de enfriamiento del cojinete de empuje (fuera de servicio)

Los valores adoptados para el control de la temperatura de lo cojinetes de empuje son normales, habida cuenta de la tempera tura de funcionamiento (85 ºC) que es bastante elevada. Estos controles se han aplicado también a los soportes, aun cuando su temperatura normal de funcionamiento es de 55 ºC.

Ajustes siguientes:

- alarma 65 ºC

- disparo 75 ºC

parecen encontrarse mejor adaptados al problema.

También cabe tener en cuenta la ausencia de controles automáticos en la instalación de frenado (presión y paso a posición de reposo de los cilindros hidráulicos). Los controles de parada de emergencia instalados en la sala de máquinas y en la sala de control permiten el cierre del mecanismo de distribución y la compuerta de toma.

5.3.2.2 Procesamiento de las protecciones

La acción de las protecciones en el grupo se efectúa automáticamente por medio de cuatro relés piloto según el esquema que figura adjunto. Cada relé piloto envía un impulso hacia los órganos que se trata de disparar. El rearme de estos relés se efectúa manualmente. Del mismo modo que para el autómata de puesta en marcha y parada, el cableado no se encuentra en estado correcto y no se encuentra marcado ningún hilo con las debidas referencias de localización. Incluso si el esquema es sencillo, las operaciones de reparación no llegan a ser sencillas.

El procesamiento de los defectos mecánicos no se encuentra adaptado a este tipo de defectos. La aparición de un defecto semejante: temperatura de cojinete guía demasiado elevada, por ejemplo, provoca la separación inmediata del grupo de la red, sin cierre preliminar de la turbina y, por consiguiente imponiendo una sobrevelocidad en el cojinete guía, que ya acusa fallos.

El procesamiento utilizado por E.D.F. en una situación semejante consiste en abrir únicamente el interruptor automático del grupo una vez que el distribuidor ha regresado de nuevo a la posición de funcionamiento en vacío.

El cierre intempestivo de la compuerta de toma únicamente provoca la desaparición de la señalización (compuerta abierta), y no se ha proyectado la parada automática del grupo.

5.4 Servicios auxiliares generales

5.4.1 Medidas y registro de niveles

No existe actualmente un sistema de medición de los niveles aguas arriba y aguas abajo ya que el equipo precedente quedó arrastrado por la crecida de 1959 y no se ha sustituido. Por consiguiente únicamente se dispone de las indicaciones de las escalas limnimétricas de la presa y de aguas abajo de la usina. Esta situación no es normal incluso si las variaciones de nivel son sumamente lentas.

5.4.2 Control del vertedero de demasías

Las doce compuertas vagón del vertedero se controlan manualmente al nivel de cada pilar. El cableado y los conmutadores de maniobra se encuentran en mal estado: cabe temer la presencia de problemas de aislamiento o de defectos de contacto.

La alimentación en corriente alternada de los motores de accionamiento de las compuertas procede de los servicios auxiliares de la usina, e inclusive cuando se trata del motor diesel, mientras que éste se encuentra actualmente al mismo nivel que la coronación de la presa. Para evitar el bloqueo de la maniobra del vertedero de demasías en caso de inundación de la usina, una línea directa procedente del motor diesel podría mejorar la seguridad de alimentación en corriente alterna en la presa.

5.4.3 Limpiador mecánico de rejas

El limpiador mecánico de rejas es de maniobra manual y en realidad se utiliza en casos muy contados para esta función, siendo de poca importancia las pérdidas de carga. Se han previsto las tomas de presión pero únicamente falta el manómetro diferencial para obtener una medición de las pérdidas de carga.

5.4.4 Achique

Existen tres puntos de achique que son los siguientes:

Pozo de la usina

Este achique se obtiene madiante dos bombas COOK capaces, cada una, de descargar 5.300 galones/minuto (20 m^3/min.) a 85' (26 m) y una bomba FLYGT de 50 kW (200 litros por segundo a 18,5 metros).

El control de las tres bombas es totalmente manual y el personal operador vigila el nivel del pozo con una frecuencia variable según las condiciones meteorológicas y/o de operación.

El cableado y el equipo de control son anticuados y peligrosos (resistencias de arranque al descubierto, seccionadores de cuchillas abiertos, etc.) en un local relativamente exiguo y forzosamente húmedo (bajo el propio centro de la planta).

Pozo de los pilares

El achique se lleva aquí a cabo normalmente por medio de una bomba. Otras dos bombas, cuyo punto de aspiración se encuentra a una altura más elevada, pueden llegado el caso, completar la acción de la primera. Una cuarta bomba se conserva en repuesto pero su conducto es desmontable.

El control de cada una de estas bombas es totalmente manual. El nivel se controla visualmente por parte del personal operador, con una frecuencia variable según las condiciones meteorológicas.

Local de control de la presa

El achique se obtiene por medio de una pequeña bomba automática de un HP. Esta bomba se ha instalado recientemente.

5.4.5 Grúa móvil

El equipo eléctrico de las dos grúas móviles se encuentra en correcto estado. El funcionamiento de las dos grúas acopladas es siempre posible, pero bajo control manual. Sería preciso examinar este funcionamiento con un control automático.

5.4.6 Ascensor

El ascensor se encuentra en mal estado y no responde a las normas de seguridad. Por ejemplo, existe la posibilidad de abrir las puertas cuando la cabina del ascensor no se encuentra en su lugar.

5.4.7 Alumbrado y climatización

El número de puntos luminosos es suficiente pero su calidad se debería mejorar. Se han presentado ya observaciones acerca del estado del tendido de cables, que son valederas también para esta instalación .

No existe en la actualidad ni climatización de las oficinas ni de la sala de control, así como tampoco la presurización de la sala de máquinas. La evacuación de las calorías no parece presentar nungún problema ya que la temperatura ambiente de la sala de máquinas no sobrepasa de 35 ºC según lo indicado por los operadores.

No obstante, la atmósfera se encuentra frequentemente cargada de polvo abrasivo, lo cual es perjudicial para el correcto comportamiento de los equipos.

5.4.8 Circuitos de tierra

Existe de origen un circuito de tierra para el conjunto de la usina, presa y subestación aun cuando los planos existentes no permiten comprobar su continuidad. Se debe proceder a mediciones para solucionar este problema y determinar el valor de la resistencia de tierra que hasta la fecha es desconocido.

5.4.9 Protección contra incendios

La protección contra incendios de los generadores se efectúa por agua y no presenta , por consiguiente, la eficiencia del gas carbónico contra los incendios que pueden alcanzar la totalidad del generador y expulsar el gas carburante.

Tampoco existe ninguna protección contra incendios para los transformadores. La usina no dispone de estación de agua a presión para la lucha contra incendios.

6. CABLES DE TENSION MEDIA

Los enlaces entre generadores y transformadores se efectúan por medio de cables de tipo de aceite no migrante. En la actualidad se han sustituido para el grupo 2 por medio de cables secos, operación que se proseguirá para todos los demás grupos.

Los enlaces para las extracciones en tensión media se obtienen por medio del mismo tipo de cables de aceite y su sustitución por cables secos de otra sección se podrá efectuar una vez que las salidas hacia la distribución se hayan transferido hacia el sistema eléctrico 159 kV.

7. COMUNICACIONES CON EL DESPACHO DE CARGAS

El programa de funcionamiento de la usina se determina por parte del despacho de cargas de MONTEVIDEO, y las comunicaciones se llevan a cabo actualmente por teléfono. Se ha proyectado instalar una comunicación por teletransmisión para el control a distancia de la subestación de la usina y la retransmisión de las medidas relativas al funcionamiento de la usina (nivel del embalse y potencia de los grupos). En este proyecto no entra el control a distancia de los grupos de la central de GABRIEL TERRA.

8. JUSTIFICACION DE LA RENOVACION DE LOS EQUIPOS DE CONTROL MANIOBRA

La renovación de los equipos examinados anteriormente se justifica por los motivos principales siguientes:

- fiabilidad
- aumento de las prestaciones y posibilidades
- incremento de productividad
- seguridad del personal

8.1 Fiabilidad

Los puntos débiles anteriormente señalados se deberán rectificar lo antes posible, ya que algunos de los mismos pueden

tener graves consecuencias. La edad del material habrá de precisar gastos de mantenimiento cada vez más importantes y la ausencia de piezas de repuesto puede, en su límite, conducir a indisponibilidades.

Por otro lado, cabe observar que cualquier renovación parcial es delicada y puede incluso aportar únicamente una mejora reducida de la fiabilidad, cuando se trata de equipos que tienen 40 años de funcionamiento.

8.2 Mejora de las prestaciones y posibilidades

Parece preciso aprovechar esta renovación para mejorar las prestaciones y posibilidades de esta usina, no solo al nivel de los grupos, sino también con respecto al sistema eléctrico.

8.2.1 Prestaciones de los grupos

La sustitución de los reguladores de velocidad permitira obtener una ley de conjugación entre el distribuidor y las palas en la cual se tengan en cuenta las variaciones del salto. Con un regulador de tensión perfeccionado, el diagrama (P,Q) del generador, queda incluido en el funcionamiento normal.

La adopción de secuencias automáticas disminuye los riesgos de falsas maniobras y el proceso de puesta en funcionamiento/parada de los grupos se desarrolla siempre del mismo modo. La instalación de medios de registros,de señalizaciones y de defectos mejora el análisis y el seguimiento subsiguiente de la operación por parte de los responsables de la usina.

8.2.2 Prestaciones cinéticas con respecto al sistema eléctrico

La central de GABRIEL TERRA es una central de embalse y, por consiguiente, se debe comportar con respecto al sistema eléctrico del mismo modo que una usina de intervención inmediata.

A cambio de la instalación de cilindros hidráulicos de levantamiento existirá la posibilidad de obtener una sucesión de operaciones de puesta en funcionamiento y de parada de un grupo. En tales condiciones, el tiempo de arranque de un grupo se podrá reducir a 2 ó 3 minutos.

Por otro lado, esta usina es perfectamente apta para participar en el comportamiento del sistema eléctrico en frecuencia (regulación a distancia) y en voltaje con la condición de cambiar los reguladores de velocidad y de voltaje.

8.3 Incremento de la productividad

La implantación de sistemas de control automático deberá conducir a una disminución del personal permanente de turno; esta modificación se ha iniciado ya en la central de PALMAR. Esta disposición permitirá obtener ganancias respecto a las horas de trabajo que será posible consagrar, ya sea al mantenimiento de la usina o bien a la operación en otra usina. Los medios técnicos para este tipo de mutación se encuentran ya instalados y su aplicación constituye un problema de política general de la U.T.E.

8.4 Mejora de las condiciones de seguridad

Las condiciones de seguridad del personal en cuanto a las reparaciones son mejoradas por medio de nuevas disposiciones para la ejecución de los circuitos de control y de maniobra y, fundamentalmente, la adopción de una distribución por unidad con un interruptor de consignación. Del mismo modo, ciertos controles en puntos cuyo acceso resulta difícil, se podrán llevar hasta los gabinetes de automatismos,

8.5 Método utilizado por E.D.F.

Antes de tomar decisiones relativas a la renovación de equipos eléctricos de una usina hidroeléctrica E.D.F., se procede siempre a un balance económico entre el pasivo, es decir el precio de los nuevos equipos y la ganancia de activo que se deriva de la operación. De este modo existe la posibilidad de conocer en cuántos años de operación se podrá rentabilizar una inversión y, asimismo, comparar la rentabilidad de distintos proyectos para su clasificación por orden de prioridad.

Por consiguiente, es preciso cifrar los costos anuales VA derivados de las insuficiencias de una instalación (fiablilidad, mantenimiento, y disponibilidad), y, si así procede, los gastos DI necesarios para continuar la operación sin renovación. Los nuevos equipos proporcionan una mejora GP de las prestaciones de la usina (potencia, energía, reducción de personal,

etc), siendo RI el costo de la renovación. El coeficiente de rentabilidad de una solución se obtiene por la relación:

$$CP_{\%} = 100 \frac{\sum_{o}^{n} \frac{VA}{(1 + i - e)k} + \sum_{o}^{n} \frac{GP}{(1 + i)k} - \sum_{o}^{n} \frac{DIk}{(1 + i)k}}{RI}$$

en la cual: i = coeficiente de actualización

e = factor que permite tener en cuenta la degradación anual de la fiabilidad

n = número de años al cabo de los cuales se habrá rentabilizado la inversión

9. SOLUCIONES PROPUESTAS PARA LA NUEVA INSTALACION

9.1 Principios

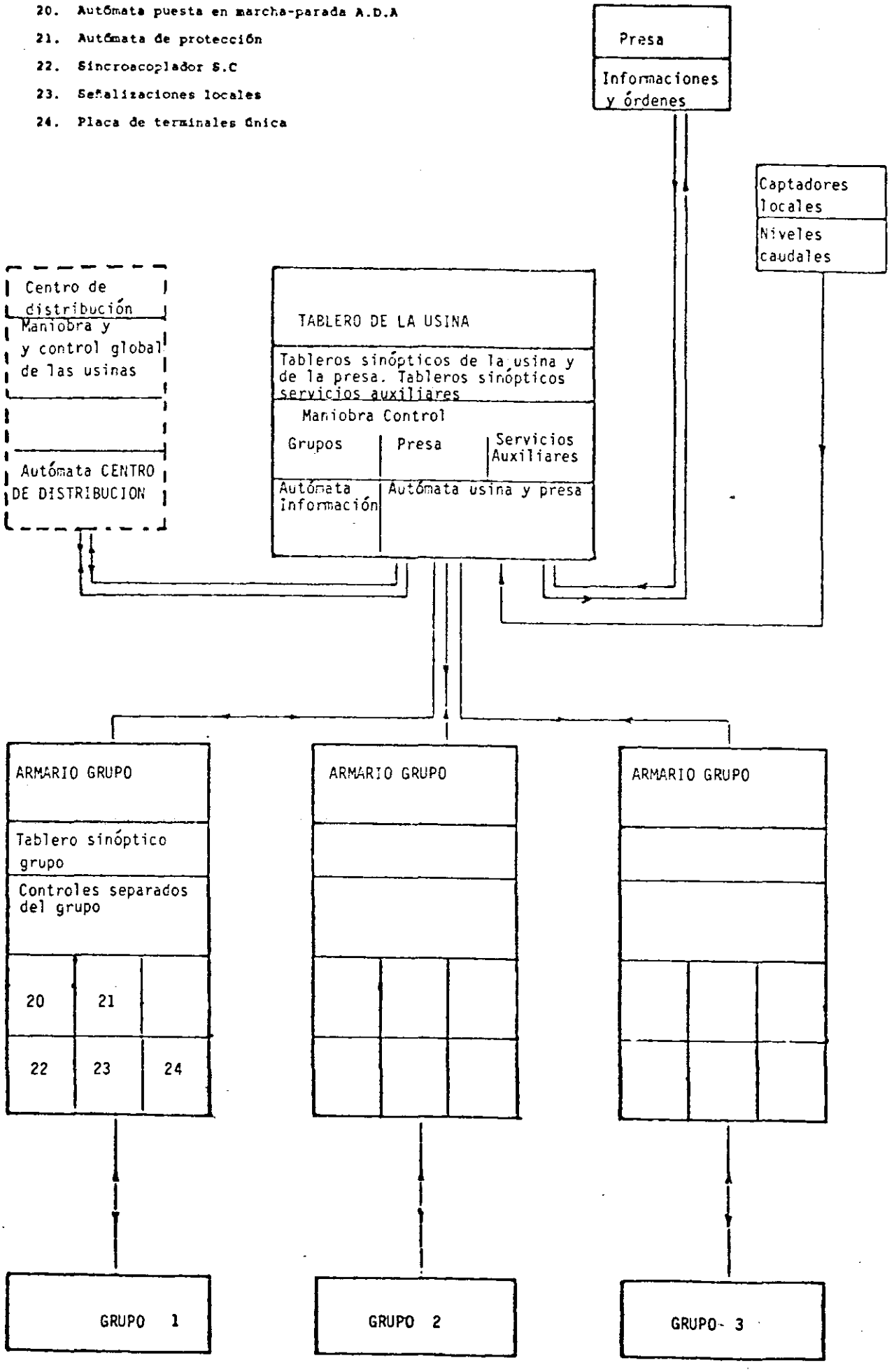
Los nuevos equipos se diseñarán para responder del mejor modo posible a las evoluciones de operación que se podrán producir en la central de GABRIEL TERRA durante el transcurso de los 20 próximos años. No sólo el control-maniobra será automático, por adopción de los conceptos que ya hemos visto en la central de PALMAR, sino también teniendo en cuenta desde el momento presente, la posibilidad de adaptar más adelante un control a distancia de los grupos desde el despacho de cargas. Incluso si no se contempla dicha solución desde el momento presente, la estructura del sistema eléctrico del Uruguay y los medios de producción disponibles conducirán tarde o temprano a esta usina a su integración en el sistema de control del centro de distribución. La estructura simplificada del control-maniobra de la usina figura en el esquema de la página siguiente.

Por consiguiente, se diseñará la usina para poder funcionar con un servicio permanente local de maniobra y de control.

Las seguridades fundamentales de la instalación se obtendrán automáticamente:

Estructura simplificada del aprovechamiento

20. Autómata puesta en marcha-parada A.D.A
21. Autómata de protección
22. Sincroacoplador S.C
23. Señalizaciones locales
24. Placa de terminales única



- el esquema de puesta en marcha y parada así como de las protecciones, se individualizará por grupo,

- un defecto en el automatismo de control de la usina no tendrá ninguna incidencia y las instalaciones seguirán funcionando como anteriormente,

- la maniobra y el control de cada grupo se obtendrá normalmente desde el tablero de la sala de control,

- la puesta en marcha de los grupos en operación fraccionada para el mantenimiento o la reparación se efectuará desde el gabinete del grupo,

- el automatismo de información se situará al nivel del tablero de la usina. Este autómata constará de un registro cronológico de los defectos y señalizaciones de la central,

- un automatismo de control de la usina permitirá las funciones de regulación a distancia de la potencia activa y del voltaje, así la edición de un libro diario de registro de actividades y funcionamiento.

9.2 Regulación de velocidad

Parece sería de utilidad sustituir la "cabeza mecánica" taquimétrica por una "cabeza eléctrica" moderna.

Ello permitiría:

- una función de transferencia más completa, para tener en cuenta la velocidad y la aceleración del grupo para la regulación de la apertura del mecanismo de distribución y de la altura de salto para la conjugación relativa a la inclinación de las palas/apertura del sistema de distribución,

- las funciones automáticas de desconjugación-reconjugación,

- la función de sincronización antes la puesta en paralelo (puesta en marcha y mantenimiento del grupo con una velocidad cercana del sincronismo con un deslizamiento fijo sea cual sea la frecuencia del sistema eléctrico),

- una posibilidad de una entrada "orden exterior" analógica (0-10 V por ejemplo) en la óptica de un control centralizado de las usinas hidráulicas desde MONTEVIDEO o una regulación a distancia de la potencia (regulación secundaria de frecuencia) o de un repartidor de caudal entre los cuatro grupos de la usina.

Esta cabeza eléctrica actuaría entonces sobre los servodistribuidores eléctricos sustituyendo así a los módulos mecánicos actuales. La información "velocidad" del grupo procedería de los transformadores (100 mV de remanente en una entrada de 100 V en régimen permanente, son suficientes para los circuitos electrónicos de medición).

En la estación de aceite a presión, se podrían introducir las siguientes mejoras:

- instalación de electroválvulas de puesta en carga de las bombas, lo cual evitaría en todos los casos el arranque en carga de las mismas así como de una temporización que desplazará obligatoriamente el arranque de la bomba no prioritaria. Añadiendo a estos dispositivos un sistema jerarquizado temporizado entre los grupos, sería posible liberarse del pico de corriente absorbida en el grupo electrógeno en el momento de la reanudación de funcionamiento de los auxiliares,

- sistema de opción prioritario entre las dos bombas fundado en la posición de un conmutador, lo cual evitaría alterar la regulación de los manostatos,

- llegado el caso, instalación de una "válvula de aislación", ubicada inmediatamente en la salida del acumulador. Sus ventajas residen en su unicidad y en el hecho de poder evitar, en caso de fugas en un punto cualquiera del conducto, la pérdida de la totalidad del aceite acumulado (depósito y acumulador),

- instalación de un dispositivo automático de aire de complemento en el acumulador,

- sustitución de los manostatos.

Por lo que se refiere a la turbina, esta quedaría dotada de dispositivos eléctricos de realimentación de posición en los mecanismos de distribución y en las palas, en sustitución del sistema de cables, poleas y contrapesos.

Su cerrojo de distribución de rosca sería motorizado para poder automatizarle (la instalación de un cerrojo hidráulico parece difícil).

Finalmente, se conservarían los contactos de sobrevelocidad existentes en el generador piloto, a pesar de que este último llega a ser inútil.

9.3 Regulación de tensión-excitación

a) Excitación

Con objeto de obtener una regulación de tensión de elevadas características, es preciso poder reducir las constantes de tiempo de la excitación.

Por otra parte, parece deseable suprimir los contactos deslizantes que imponen obligaciones de limpieza relativamente importantes.

a-1 Solución I

Estas consideraciones conducen a pensar que la mejor solución corresponde a aquélla del generador invertido que excita el rotor del generador por medio de diodos que van fijados sobre el rotor (denominados impropiamente "diodos giratorios"), ya que así se suprimen todas las escobillas. Pero esta solución, además de suponer importantes trabajos en la parte superior del eje no es realizable forzosamente. Sería preciso emprender un estudio de mayor alcance conjuntamente con un constructor para obtener las debidas seguridades a este respecto.

a-2 Solución II

Una solución más realista consiste también en dejar de utilizar las dos excitatrices pero dejarlas en su lugar sin sus escobillas y conservar los aros (anillos) para excitar el

rotor por medio de un sistema de transformadores de extracción conectados con los terminales del generador y de tiristores. Una alimentación momentánea por la batería de acumuladores basta para el levado del sistema. El mantenimiento de las escobillas y de los aros únicamente constituye una obligación relativamente liviana.

a-3 Solución III

No obstante, no es preciso abandonar totalmente la idea consistente en conservar la excitatriz principal, en cuyo caso la regulación se efectuaría en la excitación de la misma por medio de transformadores de extracción y de tiristores. Esta solución, si bien proporciona una regulación de características menores que las anteriores (pero de todos modos muy superior al sistema actual), acarrea pérdidas en la excitatriz y deja en manos del operador una obligación de mantenimiento nada insignificante aún cuando es sin duda alguna menos costosa que las mismas. Las excitatrices principales parecen también ser capaces de actuar en la totalidad del ámbito de funcionamiento de los generadores ya que se ha registrado, para una potencia producida de 32 MW y un factor de potencia cercano de la unidad, los valores de excitación siguientes:

U1 : 540 A - 165 V o sea 86,4 kW

U2 : 490 A - 160 V o sea 78,4 kW

U3 : 500 A - 160 V o sea 80 kW

para las características nominales siguientes:

720 A - 250 V - 180 kW

Una campaña de mediciones precisas nos permitiría comprobar las posibilidades de este tipo de excitación en caso de que dicha solución fuese adoptada por motivos económicos.

En resumen la solución que mejor parece adaptarse al problema planteado consiste en la solución II.

b) Regulador de tensión

Los reguladores de tensión modernos, dotados de componentes electrónicos, tienen capacidad para, a partir de la medición de la tensión, y llegado el caso de aquélla de la corriente del generador, y de un valor de referencia, local o transmitido a distancia:

1) mantener automáticamente en permanencia el generador dentro de estos límites de funcionamiento (diagrama P, Q) con limitación de corriente de rotor, corriente de estator, de ángulo interno (límite de estabilidad) y de tensión de estator. Si estas limitaciones llegasen a acarrear órdenes contradictorias para el control de la excitación se respetaría la preponderancia siguiente: en primer lugar, limitación de estabilidad, acto seguido limitación de calentamiento y, finalmente, limitación de tensión del estator.

2) en caso de incidente en el sistema eléctrico, temporalmente durante las duraciones de regulación vinculadas con las posibilidades de calentamiento del rotor y del estator, salir del ámbito de funcionamiento por sobreexcitación del generador (1,6 y/o 1,2 veces la tensión nominal de excitación).

Estos aparatos, formados por las tarjetas de circuitos electrónicos permiten adoptar únicamente las funciones adaptadas a la máquina considerada y para el tipo de operación de que se trata.

Dichos aparatos son particularmente rápidos. Pero de todos modos, no hay que perder nunca de vista que la rapidez de regulación de la tensión sigue siendo tributaria de la constante de tiempo de las máquinas giratorias (generador, y en su caso, excitatriz). Los aparatos mencionados se adaptan perfectamente a las tres soluciones anteriormente propuestas para la excitación.

Las ventajas de estos sistemas se pueden resumir de la forma siguiente:

- ninguna necesidad de mantenimiento o bien, un mantenimiento sumamente limitado,

- utilización de forma automática de todas las posibilidades de los generadores que regulan (la solución con alarma cuando el generador se sale de su diagrama P, ya que Q únicamente intervendría en el peor de los casos). Esta función es sumamente valiosa cuando se desea mantener una calidad correcta del sistema eléctrico, puesto que cada máquina participa automáticamente y de forma máxima en la lucha contra las perturbaciones que aparecen en el mismo.

- posibilidad, por medio de le entrada "orden exterior" de aplicar las instrucciones relativas a los valores de

referencia de tensión o de potencia reactiva globales o individuales, transmitidos a distancia o visualizados localmente (regulación secundaria de tensión, por ejemplo)

- reducción de las pérdidas (no existe reóstato de campo ya que el control de la excitación se efectúa por medio de tiristores).

9.4 Servicios auxiliares de corriente alternada (SA)

Tras discusión con los representantes de la U.T.E., se ha considerado que la alimentación de los auxiliares de corriente alternada de la usina, por extracción sobre los grupos, es más segura que a partir del sistema eléctrico de 150 kV. La estructura actual será, por consiguiente, conservada sabiendo de antemano que si ciertos equipos no soportan la sobretensión consecutiva al disparo en carga del grupo de alimentación, será preciso, para cada equipo, interponer un sistema de estabilización de tensión con inductancia saturable.

9.4.1 Distribución en 13,8 kV

Los puntos débiles comprobados en la parte 13,8 kV imponen su renovación a partir del momento en que las salidas hacia el sistema eléctrico de distribución se hayan suprimido. Esta sustitución se combinará con una automatización de las permutaciones capaz de permitir el cambio de grupo de alimentación sin intervención manual. La puesta en marcha del motor diesel se efectuará de forma automática pero su puesta en paralelo seguirá siendo aún manual. Se tomarán las disposiciones necesarias para demorar el arranque de la segunda bomba de regulación si el motor diesel se encuentra en servicio.

9.4.2 Tablero general de 380 V

La segunda etapa consistirá en modificar el tablero de distribución general de 380 V, con objeto de obtener un conjunto de permutación automática e inclusive la reanudación del servicio por medio del diesel.

a) Principio

Se aplicarán los principios siguientes:

Los auxiliares quedarán clasificados en:

- auxiliares primordiales o prioritarios,

- auxiliares no primordiales o no prioritarios.

Los primeros requieren, como mínimo dos fuentes de alimentación de conmutación automática: la fuente normal y la fuente de emergencia. Los segundos únicamente precisan la fuente normal de alimentación. Los auxiliares primordiales están formados por:

- los auxiliares de seguridad de los grupos
- el control de las compuertas de toma
- el control de las compuertas de la presa
- la carga de las baterías
- las bombas de achique y de vaciado
- el alumbrado de seguridad
- la alimentación de la subestación
- la alimentación de las transmisiones a distancia

La alimentación normal de la central se obtiene por medio de la extracción aun cuando, la alimentación utilizada cuando los grupos se encuentren parados se podrá obtener directamente por medio del sistema eléctrico de 150 kV, en las barras de 13,8 kV por medio de un transformador 150 kV/13,8 kV.

En este último caso, la protección contra los defectos de masa en las barras 13,8 kV se conectará posteriormente al transformador y por consiguiente, puesta en funcionamiento al mismo tiempo que la entrada.

La seguridad se obtiene entonces por el diesel, que se hace cargo de las alimentaciones de los auxiliares esenciales.

Para reforzar la seguridad de alimentación del tablero de la presa, parece interesante tener en cuenta un enlace directo entre este tablero y el motor diesel, sin necesidad de pasar por la usina.

Para permitir una selectividad correcta, es preciso reducir en todo lo posible el número de interruptores automáticos o de discontactores en cascada y adoptar una estructura arborescente en antena según el principio de la figura 2.

Las etapas de protección proyectadas son entonces las siguientes:

- protección tensión media
- interruptor automático general de baja tensión de la fuente, dotado de relés de protección
- interruptor automático divisionario en cabeza de cada salida
- protección individual de los receptores.

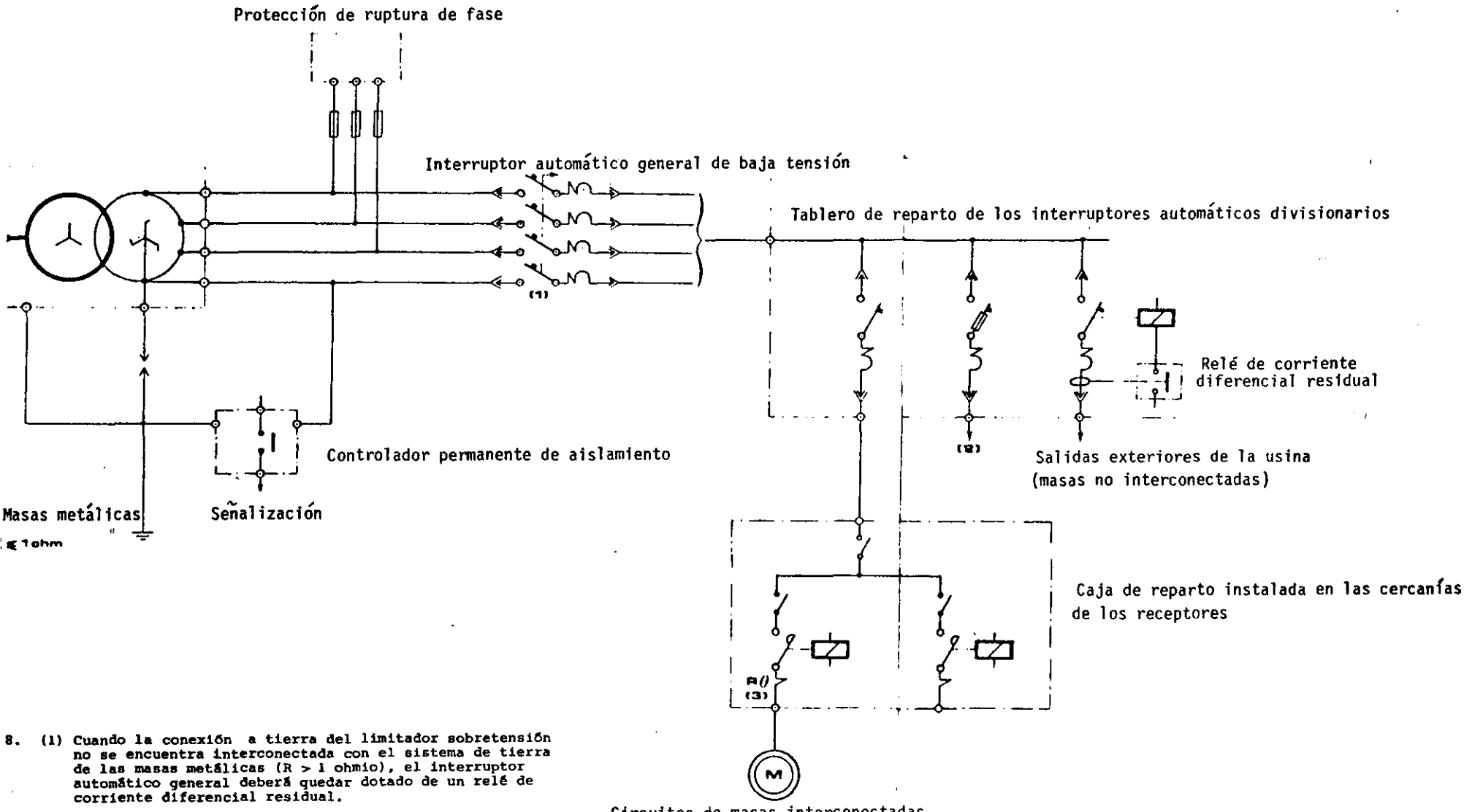
Dado que el juego de barras se puede alimentar por varias fuentes, se tomarán las disposiciones necesarias para poner en servicio una sóla fuente de alimentación a la vez. La conmutación automática o manual se efectuará obligatoriamente con corte de la corriente para evitar un acoplamiento en paralelo intempestivo.

b) Régimen del neutro

Para mejorar la continuidad del servicio, parece interesante ejecutar un esquema de baja tensión de los servicios auxiliares neutro aislado, con control permanente de aislación, mejor aún que conectar este neutro con la tierra. Efectivamente, la operación puede proseguirse en tanto que únicamente existe un sólo defecto de masa. Se deberá instalar un limitador de sobretensión entre el neutro y la tierra.

9.4.3 Tableros divisionarios

Los tableros divisionarios se ejecutarán según los mismos principios que el tablero general de 380 V. Para mejorar las reglas de selectividad, no se utilizarán enlaces directos entre dos tableros. En caso de que sea preciso disponer de dos entradas, las mismas se tomarán a partir del juego de barras general de 380 V.


Protección de ruptura de fase
Interruptor automático general de baja tensión
Tablero de reparto de los interruptores automáticos divisionarios
(1)
Relé de corriente diferencial residual
(2)
Salidas exteriores de la usina (masas no interconectadas)
Controlador permanente de aislamiento
Señalización
Masas metálicas
≤ 1ohm
Caja de reparto instalada en las cercanías de los receptores
RO (3)
M
Circuitos de masas interconectadas

8. (1) Cuando la conexión a tierra del limitador sobretensión no se encuentra interconectada con el sistema de tierra de las masas metálicas (R > 1 ohmio), el interruptor automático general deberá quedar dotado de un relé de corriente diferencial residual.

(2) Interruptores automáticos de bajo calibre, dotados de fusibles de elevado poder de corte.

(3) RO: relé térmico, compensado en temperatura, diferencial (en caso de cargas equilibradas en las tres fases).

43 A.

Servicios auxiliares ~ — Esquela de principio

DT.DE N°30 **Fig. 2**

La renovación de cada tablero se podrá efectuar al mismo tiempo que los demás trabajos relativos a la unidad considerada.

9.4.4 Presentación

La distribución se efectuará por medio gabinetes principales y divisionarios blindados, dotados de módulos desconectables y provistos de los enclavamientos necesarios para la operación y la consignación.

9.4.5 Tablero SA~ de la sala de control

El tablero de control y de maniobra global de los servicios auxiliares de corriente alternada ubicado en la sala de control, se rehabilitará al mismo tiempo que la parte 13,8 kV.

Figurarán en este tablero:

- el tablero sinóptico de alimentación con los órganos de control de los interruptores automáticos principales y aquéllos de distintos puntos de dispersión, así como la señalización de posición de los órganos de conmutación automática,

- los teclados de selección de prioridad de las fuentes de alimentación,

- los voltímetros de control de voltaje,

- los amperímetros de los puntos de alimentación principales,

- los indicadores luminosos de alarma de defecto.

Los aparatos de lectura utilizados serán de tamaño reducido.

9.5 Servicios auxiliares de corriente continua (SA=)

Habida cuenta del estado de esta instalación y de la técnica aplicada, se deberán modificar totalmente los servicios auxiliares de corriente continua.

La sustitución, si así procede, de la batería, depende de los resultados de las pruebas de descarga obtenidas en 1984. De todos modos, esta operación es independiente dentro de la medida en que la capacidad de esta batería no se habrá de modificar.

La alimentación en corriente continua se podrá obtener mediante dos baterias :

- una de 250 V para los circuitos de energía de seguridad
- la otra de 125 V o 48 V para los automatismos.

9.5.1 Principios de distribución

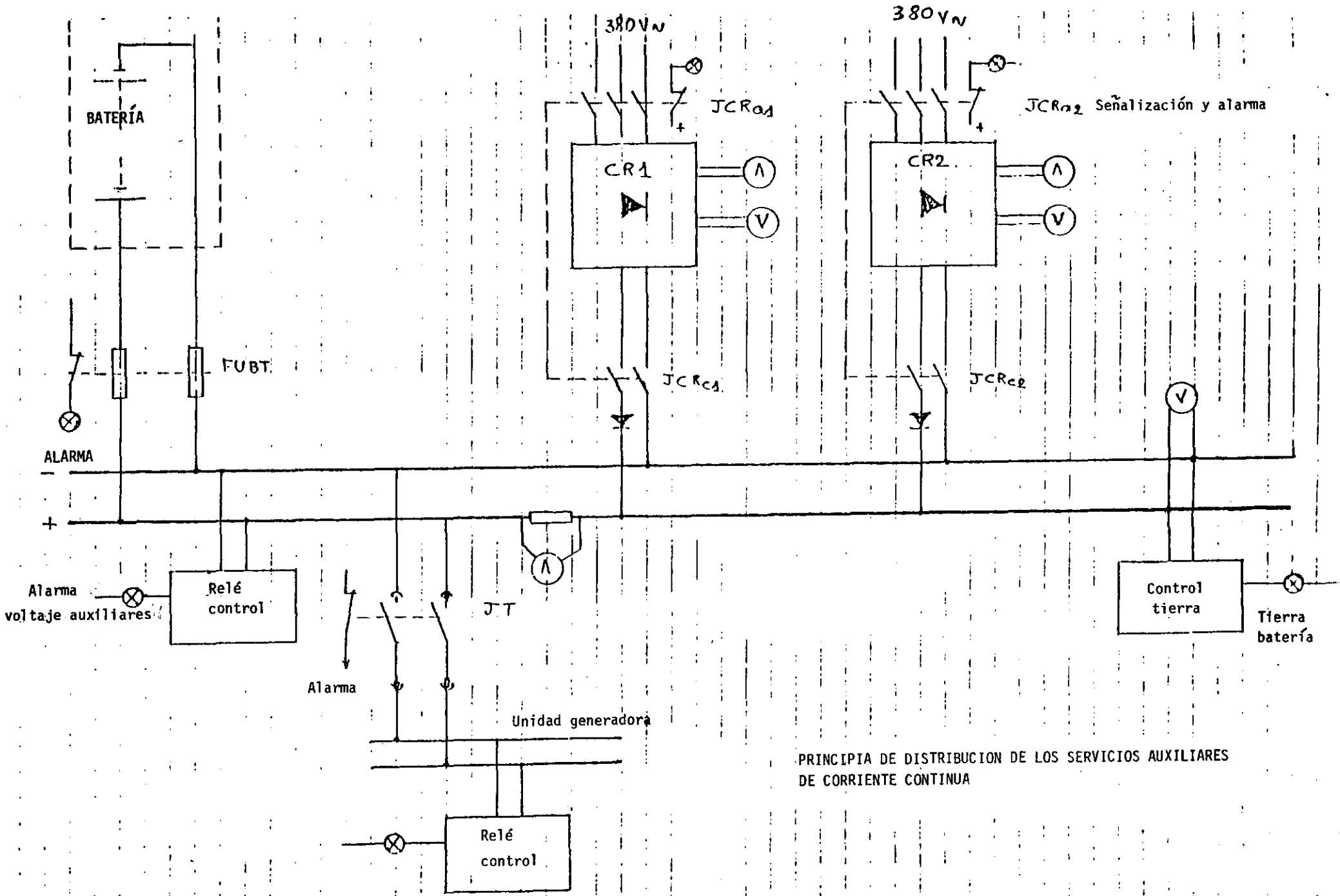
La batería y sus dos rectificadores se conectarán en paralelo con las barras + y - generales, aisladas de tierra y se conectarán según el esquema de la figura 3.

Los fusibles de protección de la batería se deberán disponer lo más cerca posible de esta última.

La posición de los interruptores automáticos, de los rectificadores, la fusión de los fusibles de la batería, y asimismo, los defectos de voltaje máximo y mínimo, darán lugar a una alarma inmediata y a una señalización, mientras que, los defectos de aislación únicamente provocarán una señalización.

La distribución de los servicios auxiliares de corriente continua respetará siempre la noción de unidad de generación eléctrica.

Una unidad generadora eléctrica está formada por el conjunto de circuitos de maniobra y control y de protecciones en relación con una parte perfectamente delimitada de la instalación. Por consiguiente, una unidad generadora que debe poder quedar totalmente aislada de todas las fuentes de



PRINCIPIA DE DISTRIBUCION DE LOS SERVICIOS AUXILIARES
DE CORRIENTE CONTINUA

FIGURA 3.

alimentación directas o indirectas, consta de una o más alimentaciones de corriente continua procedentes de las barras generales del tablero SAcc.

Cada unidad generadora está formada por:

- un interruptor de unidad

- un interruptor automático de unidad que puede constituir un corte visible

- los fusibles de protección

- los circuitos alimentados.

Para la usina de GABRIEL TERRA, es preciso tener en cuenta las unidades generadoras siguientes:

- una unidad por grupo (incluyendo el interruptor automático y el trasformador)

- una unidad de auxiliares

- una unidad de salidas subestación

- una unidad de servicios generales

- una unidad hidráulica (presa y compuertas de toma)

- una unidad de corriente alterna socorrida

El interruptor automático y los fusibles de unidad constan de un contacto auxiliar que permite señalar su apertura, mientras que un relé de falta de voltaje por unidad generadora señala la existencia de un voltaje anormal.

9.5.2 Rectificadores

Estos rectificadores corresponden al tipo estático regulado y permitirán el funcionamiento de la batería en régimen flotante a razón de 2,20 V/elemento 1%.

Estos rectificadores estarán dotados, además de los siguientes dispositivos:

a) Régimen de carga de uniformización

Tras un corte de la alimentación de corriente alternada de una duración superior a un valor ajustable entre 15 segundos y 3 minutos, el rectificador proporciona durante un periodo ajustable de 0 a 24 horas una tensión de uniformización de 2,28 V/elemento.

Al finalizar este periodo debe reanudar automáticamente su régimen de carga flotante.

b) Régimen de carga rápida

El cargador debe permitir realizar ciclos de formación para una batería nueva y su voltaje, será ajustable, por consiguiente, manualmente hasta 2,80 V/elemento. En tales condiciones, queda desconectada, lógicamente, la utilización correspondiente.

c) Limitación de corriente

Para evitar cualquier calentamiento peligroso, la corriente producida por el rectificador queda limitada:

- cuando la batería se encuentra descargada

- en caso de cortocircuito en los terminales de la instalación

- cuando las sobrecargas momentáneas sobrepasan las posibilidades del rectificador.

La limitación se deberá fijar en In + 5%.

d) Limitación de la corriente absorbida

En el momento de volver a poner bajo tensión bruscamente el rectificador, el valor instantáneo del pico de corriente alternada no debe ser superior a seis veces el valor de la corriente nominal en el primario del transformador.

e) Marcha en directo del rectificador

El rectificador debe tener capacidad para alimentar, por sí sólo la utilización y por consiguiente, cumplir las condiciones siguientes:

- en régimen establecido, el valor del voltaje rectificado se debe elevar a On 10%

- en régimen transitorio consecutivo a una puesta en tensión brusca o una variación de carga, la tensión rectificada no debe variar de 15%

- el coeficiente de ondulación residual no debe ser superior a UN/250

f) Tensión y calibre de los rectificadores

La tensión de carga flotante por elemento se eleva a 2,20 V/elemento, motivo por el cual, para obtener un voltaje nominal de batería de 250 V, el número de elementos de la batería deberá corresponder a:

$$n = \frac{250}{2,2} = 114 \text{ elementos}$$

En tales condiciones, el voltaje máximo en caso de uniformización será de:

$$Vmax = 114 \times 2,28 = 260 \text{ V}$$

El calibre de los rectificadores se deberá determinar teniendo siempre en cuenta el consumo del equipo de automatismos suplementario.

9.5.3 Realización

La distribución se efectuará a partir de un gabinete general que contenga las barras "batería" y las distintas salidas del subconjunto y de las unidades generadoras.

9.5.4 Tablero SA= en la sala de control

El tablero de control y maniobra global de los servicios auxiliares de corriente continua situado en la sala de control será renovado y en este tablero habrán de figurar:

- la representación sinóptica de alimentación con los controles y señalizaciones de posición de los interruptores automáticos principales,

- los voltímetros y amperímetros de control (tamaño reducido)

- los indicadores luminosos de alarmas y de defectos.

Este tablero contendrá, asimismo, los elementos necesarios para el control de la batería de 48 V que se utiliza para la alimentación de los equipos de transmisión a distancia.

9.6 Automatismo de puesta en funcionamiento y de parada

La implantación de un automatismo semejante supone que se hayan resuelto previamente todos los problemas mecánicos (levantamiento, frenado). El cometido del automatismode puesta en funcionamiento y de parada consiste en hacer pasar el grupo desde su estado de parada al estado de funcionamiento (grupo acoplado y en condiciones de producir corriente) y recíprocamente, es decir del estado correspondiente al grupo acoplado en carga al estado grupo parado. El autómata está formado por el conjunto de elementos necesarios que, por regla general, consisten en captadores y equipos electromecánicos convencionales que pueden controlar (o ser controlados) por ciertos subconjuntos estáticos.

El autómata utiliza corriente continua de 250 V en los limites de 210/275 V procedente de la batería de la usina y funcionará por falta de voltaje, sabiendo que el estado de seguridad de un grupo corresponde a la posición parada.

La estructura general será la siguiente:

- un relé marcha/parada de una sóla bobina que funciona por falta de tensión y cuya puesta en tensión provoca la sucesión de las operaciones de puesta en funcionamiento y cuyo paso a posición de reposo controla el retorno a la posición de parada;

- para cada órgano, una cadena controlada con uno o más contactos del relé marcha/parada, que consta de los enclavamientos y funciones necesarias en cada caso y permite el control ya sea por emisión, o bien por falta de tensión, según el tipo de seguridad propio del órgano considerado.

9.6.1 Funcionamiento

Este automatismo recibe :

- las órdenes de puesta en funcionamiento o de parada por parte del operador de turno,

- las órdenes de parada del autómata de protecciones,

- las informaciones acerca del estado del grupo y el desarrollo de las secuencias.

El automatismo imparte las órdenes requeridas para cada órgano individual del grupo.

El automatismo lleva a cabo la ejecución sucesiva de las órdenes y el control de su ejecución.

Al final de la secuencia, permite la puesta en servicio de uno o más automatismos de control del grupo.

9.6.2 Características

a) Localización

Este automatismo se instalará en el gabinete de grupo el cual se encuentra ubicado en la sala de máquinas en el lugar del

regulador de velocidad actual. Cada grupo dispondrá individualmente de su propio control por autómata.

b) Posibilidad

El autómata permite la puesta en marcha sucesiva automática, que constituye el proceso normal. No obstante, permite, asimismo:

- el mantenimiento: maniobra de un órgano aislado ejecutado fuera de cualquier automatismo para pruebas y regulaciones,

- el análisis de incidentes o de anomalías: puesta en funcionamiento "en ralenti" con interrupción posible del procedimiento,

- puesta en servicio: interrupción del proceso de puesta en marcha en puntos característicos, de una duración bastante larga para permitir la puntualización necesaria.

Todas estas posibilidades se ejecutarán por simple funcionamiento de la cadena automática, en un número limitado de puntos, inferior a 10.

c) Elementos componentes

El automatismo está formado por :

- relés adaptadores de salida para cada cadena que permiten el control de los aparatos de consumo elevado;

- relés repetidores de posición de órganos principales;

- relés de secuencias de automatismos;

- captadores: fines de carrera, manostatos, termostatos, controladores de nivel, de caudal;

- un sincroacoplador para la sincronización y el acoplamiento automático del grupo;

- una cadena de medición de velocidad que incluye un detector de parada del grupo;

- un relé de marcha/parada de grado de inercia elevado y de gran seguridad, tipo multicontactos, cuyo paso a la posición de reposo debe quedar garantizado;

- un interruptor de unidad generadora, capaz de aislar el conjunto de circuitos de control, de maniobra y de protección de todas las fuentes de alimentación continua o alternada, directa o indirecta. Este interruptor multicontactos debe poder quedar enclavado en posición abierta, ser accesible y perfectamente visible.

Exceptuando el relé de marcha/parada, todos los demás relés serán del mismo tipo, es decir de cuatro contactos inversores. Los captadores actuales se deberán verificar y controlar. Su mayor parte se deberá sustituir (niveles en los acumuladores y cuba, posición de los paneles luminosos de frenado, del distribuidor, etc.).

9.7 Automatismo de protecciones

Su cometido consiste en hacer pasar el grupo al estado de parada o al estado de seguridad, en caso de presentarse situaciones anormales detectadas en el grupo.

Este automatismo recibe, por consiguiente, los datos procedentes de estas situaciones anormales, dadas por las protecciones, tanto mecánicas como eléctricas. El autómata produce las órdenes necesarias para el automatismo de puesta en marcha y de parada y proporciona los datos necesarios al automatismo de información.

9.7.1 Procesamiento de las protecciones

Este automatismo estará formado por relés electromagnéticos combinados con diodos de bloqueo. Su alimentación tendrá lugar mediante la bateria de 127 V ó 48 V (según elección efectuada).

9.7.1.1 Funcionamiento

El automatismo de protección recibe sus datos de los relés primarios de protección del grupo, del cual figura una lista tipo en el apartado 11.7.2.

Al tratarse de una instalación con personal permanente de maniobra y de control, únicamente los defectos graves que se produzcan en el grupo pondrán automáticamente al grupo en estado de parada bloqueada hasta el momento de intervención humana.

a) Defectos permanentes

Estando el grupo en posición de parada bloqueada, su arranque únicamente podrá tener lugar tras eliminación del defecto y de su causa y tras cancelación manual.

b) Defectos eléctricos DB

Se trata de defectos permanentes, en su mayor parte de carácter eléctrico, que requieren la puesta fuera de tensión inmediata además de la parada. En tal caso, la sobrevelocidad consecutiva a un disparo puede ser aceptada.

Las funciones que se trata de obtener son:

- desacoplamiento inmediato

- desexcitación inmediata después del desacoplamiento

- detención del grupo con bloqueo

- señalización y alarma

c) Defectos mecánicos DH

Se trata de todos los defectos no eléctricos y casi siempre internos, para los cuales la puesta fuera de tensión de emergencia no se impone o no se recomienda debido a la sobrevelocidad.

Las funciones que se trata de asumir son:

- disminución de la carga

- desacoplamiento diferido después del retorno en marcha en vacío de la turbina

- detención del grupo con bloqueo

- señalización y alarma.

La desexcitación del grupo permanece servocontrolada por la apertura del interruptor automático.

d) Defectos que dan lugar al cierre de la compuerta de toma DVP

Estos defectos, que son muy poco numerosos, son graves y deben provocar también la puesta fuera de tensión inmediata y la parada bloqueada del grupo.

Las funciones que se tratan de obtener son las siguientes:

- desacoplamiento inmediato

- desexcitación inmediata (después del desacoplamiento)

- detención del grupo con bloqueo

- cierre de la compuerta de toma

- señalización y alarma

e) Defectos del sistema eléctrico

Según su propio género, los defectos de sistema eléctrico quedan cubiertos por protecciones particulares de las líneas o por protecciones más generales (voltaje, frecuencia, corriente homopolar).

Estos defectos, casi siempre fugitivos, son los más frecuentes. Para reducir la interrupción del suministro, conviene efectuar, después del disparo, una tentativa automática de puesta en paralelo, del mismo modo que se practica para el reenganche automático sobre el sistema eléctrico. Si esta tentativa queda seguida de un nuevo disparo (puesta en paralelo no mantenida), no se deberá renovar, y el grupo permanecerá en funcionamiento en vacío bajo la dependencia y responsabilidad del personal de operación.

Las funciones que se trata de obtener son:

- desacoplamiento inmediato sin desexcitación

- retorno en marcha en vacío bajo la acción del regulador de velocidad.

9.7.1.2 Características

a) Ubicación

El conjunto de elementos componentes del automatismo de protecciones se instalará en el gabinete del grupo ubicado en la sala de máquinas.

b) Seguridad de funcionamiento

Cada una de las protecciones DB, DH, DVP y DE actuará por un relé único que provoca las funciones anteriormente enumeradas por paso a posición de reposo por falta de tensión.

Se obtiene una redundancia por medio de un canal de socorro "DBH" común para las protecciones mecánicas y eléctricas.

El esquema de principio de estos procesamientos se ha reproducido en la figura 4. Los relés primarios de protección, por su contacto de "trabajo" envían la polaridad positiva que viene a cortocircuitar la bobina del relé que permanece en posición de reposo.

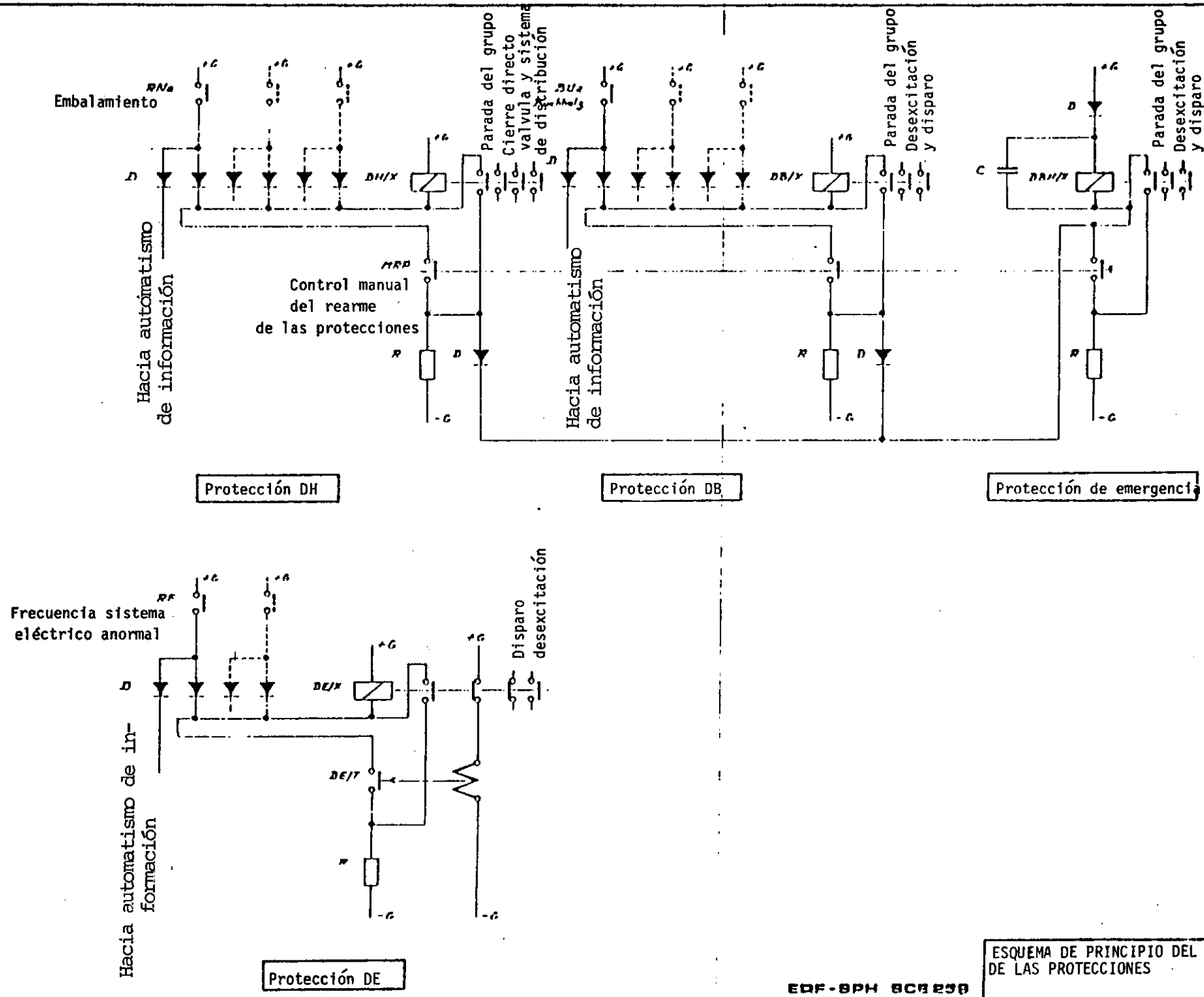


FIGURA 4

ESQUEMA DE PRINCIPIO DEL MODO DE ACCION DE LAS PROTECCIONES

EDF-SPH SCR 238

5/A

c) Elementos componentes

Estará formado por:

- relés electromagnéticos para los relés DB/X, DH/X, DBH/X, DE/X y DVP/X;

- resistencias combinadas con los relés anteriormente mencionados, de amplio coeficiente de seguridad capaces de funcionar de forma permanente bajo 275;

- diodos de avalancha controlada de voltaje inverso, equivalente por lo menos a 1.700 V y de corriente nominal 1 A.

9.7.2 Relés primarios de protección

Con motivos de problemas de fiabilidad y de inexistencia de piezas de repuesto, los relés de protección electromagnéticos se sustituirán por relés de protección electrónicas con indicadores luminosos de funcionamiento, alimentados por la fuente de control de 250 V=.

Las protecciones de automatismo se obtendrán por medio de relés auxiliares instantáneos y temporizados.

La detección de no apertura de los interruptores automáticos de grupo estará formada por tres relés de medición de tensión mínima, alimentados en tensión simple por los transformadores de tensión.

9.7.3 Lista de protecciones y señalizaciones instaladas por E.D.F.

Esta lista tipo se deberá adaptar como conviene para el caso de cada usina. Para cada protección o señalización, se indica:

- el modo de acción

- el tipo de alarma

- el emplazamiento de las señalizaciones en la usina

- la restitución o no en el automatismo de información.

El modo de acción indicado tiene en cuenta la presencia de personal permanente de operación.

LISTA TIPO DE LAS PROTECCIONES Y SEÑALIZACIONES QUE SE HAN DE INSTALAR EN UN GRUPO HIDROELECTRICO

Alarma I intervención diferida Alarma II interrupción inmediata Alarma III urgencia	Tipo de alarma	Tipo de defecto DB-DH ó DE	Señalizac. luminosa local (gabinete de grupo	Autómata de informaciones (impresora)	Alarma sonora
I GRUPOS					
- Parada de emergencia	III	DB-DVP	x	x	x
- Protección de emergencia	III	DBH	x	x	x
- Falta tensión control	II		x	x	
- Parada demasiado larga	II		x	x	x
- Diferencial longitudinal	II	DB	x	x	x
- Protección de desequilibrio	II	DB	x	x	x
- Masa estator	II	DB	x	x	x
- Tensión máxima estator	II	DB	x	x	x
- Calentamiento estator	I	DB	x	x	x
- Corriente máxima estator	II	DB	x	x	x
- Defecto regulación tensión	II	DB	x	x	x
- Pérdida de excitación	II	DB	x	x	x
- Incendio generador	III	DB	x	x	x
- Puesta en paralelo no mantanida	II	DE	x	x	x
- CO_2 en circulación	III	DB	x	x	x
- Disminución del nivel de aceite cuba regulación de velocidad	II	DB	x	x	x
- Disminución del nivel aceite acumulador regulador de velocidad	II	DH	x	x	x
- Falta de presión aceite regulador de velocidad	II	DH	x	x	x
- Falta de apertura del interruptor automático	II		x	x	x

Alarma I intervención diferida Alarma II intervención inmediata Alarma III urgencia	Tipo de alarma	Tipo de defecto	Señalizac. luminosa local (gabinete de grupo)	Autómata de informaciones (impresora)	Alerta sonora
- Ruptura de biela	I	DH	x	x	x
- Embalamiento mecánico	III	DH (DVP)	x	x	x
- Embalamiento eléctrico	III	DH (DVP)	x	x	x
- Impermeabilidad del prensa-estopa del eje	II	DH	x	x	x
- Calentamiento del prensa-estopa del eje	II	DH	x	x	x
- Disminución del nivel de aceite del cojinete guía de turbina	II	DH	x	x	x
- Calentamiento cojinete guía de turbina	II	DH	x	x	x
- Disminución del nivel de aceite cojinete guía del generador	II	DH	x	x	x
- Calentamiento cojinete guía generador	II	DH	x	x	x
- Defecto nivel de aceite cojinete de empuje	II	DH	x	x	x
- Aumento de temperatura aceite o metal del cojinete de empuje	II	DH	x	x	x
- Frenado intempestivo	II	DH	x	x	x
- Falta de aire de frenado	I		x	x	x
- Falta retorno de aceite cojinete guía del generador	II	DH	x	x	x
- Levantamiento intempestivo	III	DH	x	x	x
- Disminución del nivel de aceite levantamiento o inyección	II		x	x	x
- Defecto generador piloto	II	DH	x	x	x
- Puesta en marcha demasiado larga	II		x	x	x
- Vibraciones anormales de la turbina	II		x	x	x
- Vibraciones anormales del generador	II		x	x	x
- Masa del rotor	II		x	x	x
- Defecto compuerta de toma	II	DH - DVP	x	x	x

Alarma I intervención diferida Alarma II intervención inmediata Alarma III urgencia	Tipo de alarma	Tipo de defecto	Señalizac. luminosa local (gabinete de grupo	Autómata de informaciones (impresora)	Alerta sonora
- Compuerta de toma en deriva	II	DH-DVP	x	x	x
- Inundación de la usina	III	DH-DVP		x	x
- Falta de cierre de la derivación (by-pass)	I			x	x
- Defectos toma de agua	I			x	x
- Pérdidas de carga en la reja	I			x	x
- Aumento del nivel de agua en la tapa de turbina	I	DH	x	x	x
- Aumento del nivel de aceite cuba inferior turbina	I		x	x	x
- CO_2 fuera de servicio	I			x	x
II TRANSFORMADORES (en el caso de un grupo bloque)					
- Falta de tensión de control	II		x	x	x
- Relé Buccholz	II	DB	x	x	x
- Masa cuba - Descargador	II	DB	x	x	x
- Defecto de ventilación	I			x	
- Aumento de temperatura	II	DB	x	x	x
- Incendio	III	DB	x	x	x
- Emisión de agua fuera de servicio	I			x	
- Riego intempestivo					

9.8 Tableros de control de los grupos

Para cada grupo, se han tenido en cuenta dos puestos de control:

- uno en la sala de máquinas, en el gabinete del grupo

- otro normal en la sala de control

9.8.1 Tablero local

Este tablero local se encuentra ubicado en el frente delantero del gabinete de grupo y permitirá el control y maniobra del grupo en posición local y en posición manual. Por consiguiente estará formado por:

- un conmutador que permitirá seleccionar el tipo de control del grupo:
  - . local
  - . distante (sala de control)

- los teclados de botones de control del grupo
  - . parada de emergencia
  - . parada
  - . marcha
  - . desbloqueo de las protecciones

- los controles locales separados del:
  - . variación de seguridad
  - . regulación de la tensión
  - . limitador de apertura

  con indicador de posición combinado

- el tablero sinóptico eléctrico (interruptor automático, seccionador, transformador, grupo, excitación, extracción, etc.);

- un tablero sinóptico simplificado de la cadena de puesta en funcionamiento;

- los botones de puesta en o fuera de servicio del regulador de velocidades;

- los aparatos indicadores de control y, fundamentalmente:

  . indicador de velocidad

  . voltímetro de voltaje en los terminales del grupo, con selección

  . voltímetro de voltaje de excitación

  . amperímetro grupo con selección

  . vatímetro

  . varmetro

  . indicador de temperatura combinado con un selector

- una toma para el empalme de una caja de sincronización y puesta en paralelo móviles ;

- los indicadores luminosos de señalización y de defectos particulares;

- los indicadores luminosos de señalizaciones de posición de la compuerta de toma (3) ;

- un registro multicanal de las temperaturas del grupo.

9.8.2 Tablero centralizado

Su cometido consiste en permitir un control global del aprovechamiento. Para cada grupo, se tendrá en cuenta:

- el tablero sinóptico de conexión eléctrica del grupo;

- la posición de los interruptores automáticos del grupo, extracción y excitación;

- el conmutador de selección de marcha:
  . control manual centralizado
  . grupo indisponible
  . grupo en posición de automatismo de control
  . reserva

- el teclado de botones de control del grupo:
  . parada de emergencia
  . parada
  . marcha
  . desbloqueo de las protecciones

- el control de cierre de la compuerta de toma;

- un vatímetro -varmetro registrador;

- un registrador de corriente producida por el grupo;

- un registrador de temperatura multicanales;

- los indicadores diversos (voltaje, intensidad, potencia, distribuidor);

- los controles de visualización de las consignas de potencia activa y de tensión;

- los indicadores luminosos de señalizaciones reagrupadas;

- los indicadores luminosos de señalizaciones de posición de la compuerta de toma (2);

- una toma para la conexión de una caja de sincronización-puesta en paralelo móvil (de los indicadores numéricos para, respectivamente, la potencia global de la usina y la frecuencia del sistema eléctrico que se han de tener en cuenta por separado

9.9 Automatismo de información (o consignador de estados)

Este automatismo permite el registro y la restitución cronológica de los datos correspondientes a la central, es decir:

- los datos de defecto

- las señalizaciones

- los estados de los equipos (interruptores automáticos, seccionadores, compuertas de la presa).

El automatismo consta de :

- un sistema de separación galvánica de los datos (voltaje de aislamiento 2 kV);

- una unidad de procesamiento de los datos;

- una unidad impresora de restitución, situada en la sala de control.

Este automatismo de información permite, no sólo la operación en tiempo real por el personal de turno, sino también el examen a posteriori del desarrollo de los incidentes de operación. En la actualidad, este sistema se instala sistemáticamente cada vez que se efectúa una renovación de usina de esta importancia.

Al tratarse de un sistema relativo al control del aprovechamiento, es preciso disponer de una alimentación segura, la cual deberá ser tomada, por consiguiente, de la batería de 127 V ó 48 V por medio de un ondulador.

La unidad de procesamiento se instalará en un local vecino de la sala de control.

El sistema de separación galvánica podrá encontrarse situado ya sea cerca de la sala de control, o bien a distancia, en los gabinetes de grupo.

Además de la unidad impresora de la sala de control, se tendrá en cuenta, al nivel de cada gabinete de grupo, una toma para conectar una segunda unidad impresora que permita los controles locales durante los periodos de prueba.

Las señalizaciones de emergencia autoalimentadas se instalarán al nivel de los sistemas de adquisición, en caso de defecto interno del consignador de estados.

9.10 Servicios auxiliares generales

9.10.1 Mediciones y registro de los niveles

Se deberán instalar limnímetros de medición de los niveles aguas arriba y aguas abajo del aprovechamiento. En la sala de control, se instalará, en el tablero hidráulico, un registrador con indicación de los valores numericos instantáneos de las siguientes magnitudes:

- nivel aguas arriba

- nivel aguas abajo

- salto

9.10.2 Vertedero (aliviadero)

El tablero divisionario de distribución de la alimentación de corriente alternada de la presa se deberá sustituir y asimismo, se deberá renovar el equipo de control local. Por consiguiente, parece interesante aprovechar esta operación para instalar en la sala de control de la usina, en el tablero hidráulico:

- los indicadores de posición de las compuertas

- el control de las compuertas en ambos sentidos

Los defectos de las compuertas y las maniobras se deberán también llevar hasta el consignador de estados.

9.10.3 Compuertas de toma

La distribución en corriente alterna será rehabilitada al mismo tiempo que la refacción del tablero de vertederos (aliviaderos) El control de apertura de las compuertas de toma seguirá siendo local y manual, mientras que el cierre se podrá controlar ya sea en posición local o bien desde la usina, voluntariamente o automáticamente. El automatismo local del control de las compuertas de toma será examinado de nuevo; se deberá sustituir en particular, los fines de carrera que plantean problemas de contactos incorrectos. El principio de este automatismo habrá de consistir en aplicar una orden única de apertura o de cierre, efectuar las rehabilitaciones de fugas y obtener las seguridades de las válvulas y de la estación de presión de aceite.

9.10.4 Bombas de achique

Por motivos de seguridad y de fiabilidad, parece conveniente restablecer totalmente el cableado de las bombas de la usina y de los pilares y cambiar la mayor parte de su equipo de control.

Se debe aprovechar la ocasión para automatizar el funcionamiento, al mismo tiempo que se conserva la posibilidad de control manual por medio de conmutadores.

Para las bombas de grandes dimensiones, que requieren un artificio para su puesta en marcha, será preciso sustituir el sistema de resistencia por medio de dispositivos electrónicos con control de tiristores que limiten la corriente de arranque. Este género de sistema se podría utilizar también para la bomba FLYGT de 50 kW de arranque directo, lo cual aliviaría al grupo electrógeno, llegado el caso.

9.10.5 Grúa móvil

Salvo modificación mecánica, no cabe proyectar intervenciones respecto al equipo eléctrico de las grúas móviles.

9.10.6 Ascensor

El estado de este ascensor precisa su sustitución total, para respetar las normas de seguridad necesarias.

9.10.7 Alumbrado y climatización

Al volver a ocuparse del alambrado de la instalación de alumbrado, se pondrá la atención necesaria para separar los circuitos entre alumbrado prioritario y no prioritario.

Por lo que se refiere a la climatización de las oficinas, se puede proyectar ya sea una instalación central, que distribuya el aire acondicionado en la sala de control y en las oficinas, o bien, aparatos individuales. Todo abrá de depender, en definitiva, del costo, del cual dependerá la opción.

Finalmente, para evitar la entrada de polvo abrasivo en la central el aire exterior previamente filtrado, se impulsará en la sala de máquinas para poner a la misma en una sobrepresión reducida.

9.10.8 Protección contra incendios

Se deberá instalar una protección contra incendios de los generadores, por medio de gas carbónico. Esta protección intervendrá automáticamente por medio del relé de protección diferencial propio de cada generador. Esta estación podrá ser común para los cuatro grupos o bien individualizada grupo por grupo. Naturalmente, se incorporará un sistema d'extracción para evacuar el CO^2, despues del funcionamiento.

Se debe tener en cuenta una estación de agua a presión para el conjunto de la central. Esta estación servirá también para alimentar el sistema de lucha contra incendios por agua pulverizada de los transformadores que será preciso instalar.

9.11 Automatismo de control

Dado que la central de GABRIEL TERRA es una usina de regulación anual, dotada de un número reducido de grupos, el control grupo por grupo no presenta un carácter coercitivo. Por consiguiente, parece inútil contemplar la instalación de repartidores de potencia activa o de voltaje.

La sencillez del control actual no justifica, para una usina semejante la instalación de un autómata de control: la seguridad del aprovechamiento se obtiene por los autómatas de primer rango. El personal de turno controla los grupos siguiendo las directivas del centro de distribución y dispone, en la sala de control, de las indicaciones y registros necesarios para el control del correcto funcionamiento de las instalaciones.

Unicamente se justifica la introducción de un autómata de control en caso de que esta usina tenga que asumir funciones de regulación a distancia de la potencia activa y reactiva. En tales condiciones, se podrán incorporar las funciones complementarias, a saber:

- llevar al día un diario de incidentes,

- vigilancia de las temperaturas de los grupos (límites y gradientes)

- programación del régimen de marcha de los grupos.

9.11.1 Principio de regulación a distancia de la potencia activa

Para obtener una correcta estabilidad del sistema eléctrico, se recomienda hacer funcionar los grupos en servocontrol de apertura mejor que en potencia. El automatismo de control deberá por consiguiente, convertir la referencia de potencia en referencia de apertura

La referencia de potencia de un grupo se obtiene por la relación:

$$Pc = Po + No\ Pr$$

en la cual

Po define la referencia de potencia básica del grupo y visualizada localmente por el personal de turno siguiendo para ello las instrucciones del despacho de cargas.

Pr corresponde a la participación del grupo en la regulación de frecuencia visualizada localmente por el personal de turno, según las posibilidades del grupo y de acuerdo con el despacho de cargas.

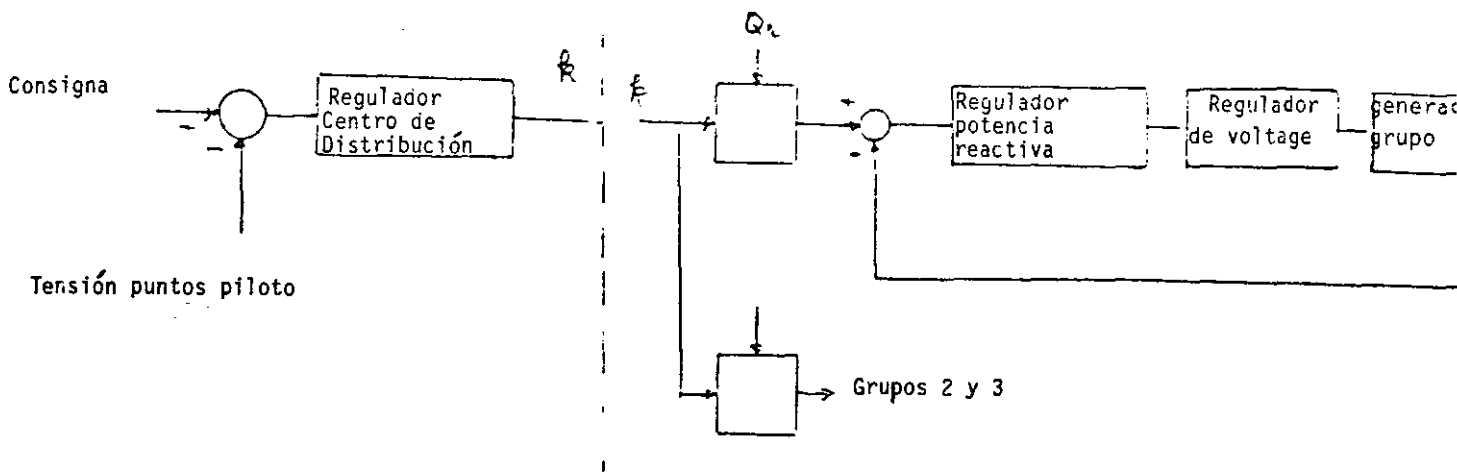
N corresponde al nivel de regulación a distancia comprendido entre -1 y + 1, transmitido por el despacho de cargas al automatismo de control.

Este nivel N se calcula con objeto de ajustar desde el punto de vista nacional la producción al consumo, sabiéndose de antemano que en caso de perturbación, la regulación primaria de las turbinas actúa en primer lugar.

9.11.2 Principio de regulación secundaria de voltaje

Esta regulación, cuya dinámica es más lenta, únicamente interviene como complemento de la regulación primaria que le compensa las perturbaciones instantáneas.

El principio de esta regulación figura indicado en el diagrama funcional siguiente:



El estado de tensión del sistema eléctrico se puede representar por el valor del voltaje en cierto número de puntos "piloto". La regulación de la tensión de un punto piloto se realiza ajustando la potencia reactiva de los grupos cercanos.

Un primer regulador, situado en principio en el despacho de cargas calcula un coeficiente k, correspondiente a la diferencia consigna/medición de voltaje en el punto piloto.

Este coeficiente k, comprendido entre -1 y +1, se transmite a las usinas afectadas al punto piloto en cuyo caso el automatismo de control calcula la referencia de potencia reactiva de cada grupo $Qc = kQr$, en función de la participación Qr afectada a cada grupo. El automatismo de control lleva a cabo, para cada grupo, la gestión del servocontrol de potencia reactiva modulando la entrada de orden exterior del regulador de voltaje. El mantenimiento del generador en el interior de sus características sigue obteniéndose por medio de su regulador de voltaje.

En tales condiciones, y visto desde el despacho de cargas, el estado de voltaje del sistema eléctrico se obtiene ajustando la referencia de tensión de los distintos puntos piloto en la medida en que no existe saturación de los grupos de producción.

9.12 Control de la subestación

Se reservará un tablero en la sala de control, con destino al control y maniobra de la subestación. Este tablero dispondrá:

- de una representación sinóptica simplificada de la subestación de la usina, con los conmutadores (girar - empujar - lámparas) de los órganos cuya maniobra se puede realizar desde la sala del tablero;

- los indicadores luminosos de presencia de voltaje en las líneas;

- los voltímetros y frecuencímetros de las barras y de las líneas, ya que los registradores se encuentran situados en la subestación;

- los indicadores luminosos de los defectos principales.

9.13 Comunicaciones con el despacho de cargas

Los grupos se encuentran normalmente a la disposición del despacho de cargas, salvo en los casos siguientes :

- grupo en defecto bloqueado
- grupo indisponible consignado
- grupo en pruebas.

No obstante, en este último caso, el grupo se podrá poner, si fuese necesario, a la disposición del despacho de cargas.

Habida cuenta de la importancia de la central de GABRIEL TERRA por lo que se refiere al control del sistema eléctrico, parece preciso que el despacho de cargas pueda disponer en tiempo real de un mínimo de datos sin tener que recurrir al teléfono. Los equipos de transmisión a distancia entre la central y el despacho de cargas se deben por consiguiente tener debidamente en cuenta para transmitir las informaciones siguientes:

Por grupo

- las señalizaciones a distancia correspondientes a los cambios de estado:
  - . marcha - parada
  - . apertura - cierre del interruptor automático de grupo
  - . apertura - cierre de los seccionadores selectores de barras
  - . grupo en pruebas
  - . grupo indisponible
  - . grupo en/fuera regulación a distancia (llegado el caso)
- las señalizaciones a distancia corresponden a los defectos:
  - . grupo bloqueado por defecto interno
- las mediciones a distancia
  - . potencia activa
  - . potencia reactiva.

Por usina

- algunas alarmas de tipo particular (nivel anormal, vertedero abierto, etc.)

- las mediciones a distancia de los niveles de aguas arriba y de aguas abajo.

Por juego de barras de muy alta tensión

- la medición a distancia del voltaje

- la medición a distancia de la frecuencia

- el estado de voltaje (llegado el caso)

- señalización de una frecuencia anormal.